



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## OPTIMALIZACE USPOŘÁDÁNÍ VÝROBNÍHO PROCESU VE FIRMĚ BOSCH DIESEL JIHLAVA

OPTIMAL ORGANIZATION OF THE MANUFACTURING PROCESS AT BOSCH DIESEL  
COMPANY IN JIHLAVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

VÁCLAV RUDEL

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. ROMAN KUBÍK, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/2013

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Václav Rudel

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Optimalizace uspořádání výrobního procesu ve firmě Bosch Diesel Jihlava**

v anglickém jazyce:

### **Optimal organization of the manufacturing process at Bosch Diesel company in Jihlava**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem je navrhnout varianty nového uspořádání výrobního procesu v návaznosti na částečné nebo úplné přemístění pracovišť do jedné haly a dále zvolit výslednou variantu na základě jejich ekonomického zhodnocení.

Cíle bakalářské práce:

1. Analýza současného výrobního procesu
2. Návrh možných variant nového uspořádání strojů s ohledem na zvýšení jejich produktivity
3. Kapacitní propočet a zhodnocení navržených variant na základě předpokládaných nákladů a přínosů
4. Výběr optimální varianty pro firmu Bosch Diesel Jihlava

Seznam odborné literatury:

1. HLAVENKA, B. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
2. HLAVENKA, B. Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.
3. SAMEK, J. Modely optimálního rozmístění výroby. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 150 s.
4. SMETANA, J. Projektování technologických pracovišť. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.
5. ZELENKA, A. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Roman Kubík, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 21.11.2012

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

**ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá především optimalizací výrobního procesu. Byl zanalyzován aktuální stav, provedeny kapacitní propočty a z nich poté vypracováno variantní řešení. Varianty byly zhodnoceny po technicko-ekonomické stránce a byla vybrána nejlepší varianta.

**Klíčová slova**

optimalizace, provozní náklady, produktivita, kapacitní propočty.

**ABSTRACT**

The main point of the bachelor thesis is optimization of manufacturing process. The current state was analysed. Then calculation of capacity was made and various layouts were worked out from them. Layouts were evaluated in technical-economic point of view and the best layout was chose.

**Key words**

optimization, operation costs, productivity, calculation of capacity.

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

RUDEL, V. *Optimalizace uspořádání výrobního procesu ve firmě Bosch Diesel Jihlava*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 49 s.  
Vedoucí bakalářské práce Ing. Roman Kubík, Ph.D..

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Optimalizace uspořádání výrobního procesu ve firmě Bosch Diesel Jihlava** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

24. 5. 2013

.....  
Datum

\_\_\_\_\_  
Václav Rudel

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto panu Ing. Romanu Kubíkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Zvláštní poděkování náleží firmě Bosch Diesel Jihlava s.r.o. za umožnění vypracování bakalářské práce a panu Michalu Trnkovi za odbornou pomoc při její tvorbě.

Dále bych rád poděkoval rodině a přítelkyni za podporu po celou dobu studia a tvorbě bakalářské práce.

## OBSAH

|   |    |
|---|----|
| ABSTRAKT .....  | 4  |
| PROHLÁŠENÍ.....   | 5  |
| PODĚKOVÁNÍ .....  | 6  |
| OBSAH.....  | 7  |
| ÚVOD .....  | 9  |
| 1 PRINCIPY TECHNOLOGICKÉHO PROJEKTOVÁNÍ.....  | 10 |
| 1.1 Postupové grafy .....   | 10 |
| 1.2 Šachovnicová tabulka .....  | 10 |
| 1.3 Sankeyův diagram.....   | 11 |
| 1.4 Kapacitní propočty.....   | 12 |
| 1.4.1 Hrubé kapacitní propočty.....   | 12 |
| 1.4.2 Podrobné kapacitní propočty .....   | 13 |
| 1.5 Možné způsoby vyhodnocení .....   | 15 |
| 1.5.1 Ekonomické propočty .....   | 15 |
| 1.5.2 Metoda bodovací.....  | 16 |
| 1.5.3 Metoda klasifikační.....  | 16 |
| 2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU .....  | 17 |
| 2.1 Technologický postup výroby čerpadla CP3 .....                                    | 18 |
| 2.2 Postupový graf výroby .....   | 19 |
| 2.3 CNC linka .....   | 20 |
| 2.4 Transfer linka.....   | 20 |
| 2.5 Flex linka .....  | 22 |
| 3 VARIANTNÍ ŘEŠENÍ .....  | 23 |
| 3.1 Kapacitní propočet.....   | 23 |
| 3.2 Varianta 1 – Sjednocení obrábění po tepelném zpracování na hale 301 .....         | 26 |
| 3.3 Varianta 2 – Přesun Transfer linky na halu 310 .....                              | 28 |
| 3.4 Varianta 3 – Přesun linky L1 na halu 310 .....                                    | 30 |
| 3.5 Varianta 4 – Přesun linky L1 a Transfer linky na halu 310.....                    | 32 |
| 3.6 Porovnání skutečného počtu strojů a jejich využití v jednotlivých variantách..... | 34 |
| 4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....  | 36 |
| 4.1 Ekonomické hodnocení navržených variant .....                                     | 36 |
| 4.1.1 Určení úspor jednotlivých variant.....  | 36 |
| 4.1.2 Určení nákladů na realizaci jednotlivých variant .....                          | 37 |
| 4.1.3 Výpočet návratnosti investice .....   | 38 |

|  |    |
|--|----|
| 4.2 Výběr optimální varianty .....           | 39 |
| 4.2.1 Kritéria hodnocení .....               | 39 |
| 4.2.2 Hodnocení varianty 1 .....             | 39 |
| 4.2.3 Hodnocení varianty 2 .....             | 40 |
| 4.2.4 Hodnocení varianty 3 .....             | 41 |
| 4.2.5 Hodnocení varianty 4 .....             | 41 |
| 4.2.6 Vyhodnocení navrhovaných variant ..... | 42 |
| DISKUSE.....                                 | 43 |
| ZÁVĚR .....                                  | 44 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....                | 45 |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....     | 46 |
| SEZNAM PŘÍLOH.....                           | 49 |



## ÚVOD

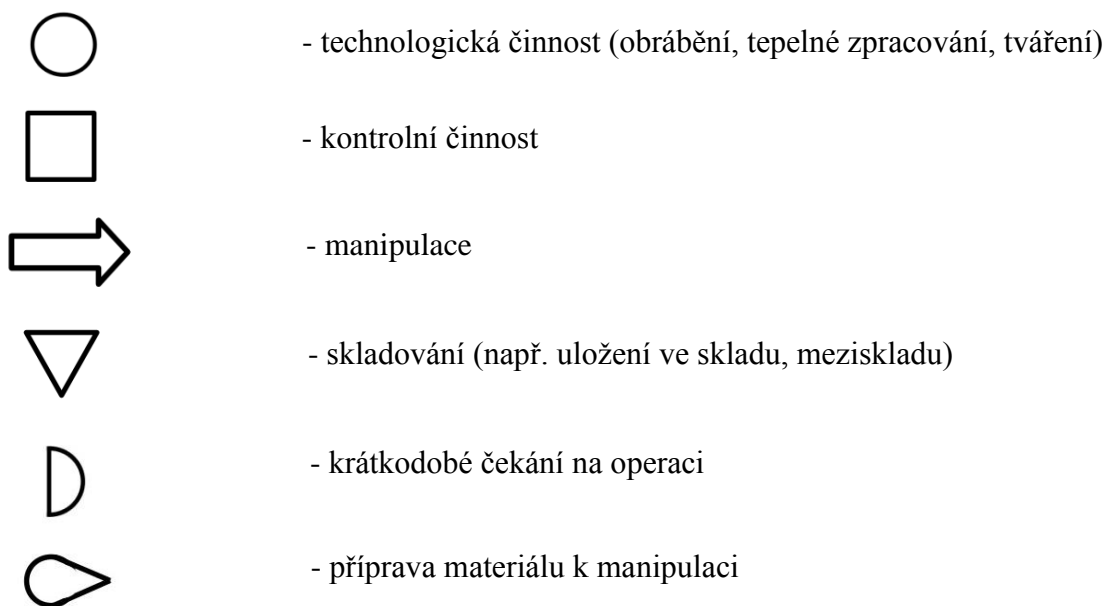
Práce je zaměřena na optimalizaci uspořádání strojních pracovišť určených pro výrobu tělesa čerpadla CP3 ve firmě Bosch Diesel Jihlava s.r.o. Optimalizace spočívá v úplném nebo částečném přesunu strojů do jedné výrobní haly a jejich sloučení do jedné výrobní linky. Cílem optimalizace je snížení počtu strojních pracovišť (zvýšení využití zbylých strojů). S nižším počtem strojních pracovišť je třeba menší počet dělníků a s tím souvisejících mzdových nákladů, snížení nutnosti přeseřazení strojů (změna typu čerpadla CP3) a v důsledku toho snížení ztrátových časů a získání volné plochy pro nové produkty. Optimalizace výroby je důležitým krokem jak zvýšit flexibilitu výrobního procesu a také konkurenceschopnost podniku na trhu.

## 1 PRINCIPY TECHNOLOGICKÉHO PROJEKTOVÁNÍ

Základem technologického projektování je soubor plánovacích, organizačních, rozborových a návrhových činností, jejichž výsledkem má být co nejkvalitněji zpracovaný technologicko-organizační projekt výroby. Nejdůležitější částí řešení je určení potřebného počtu strojů a jejich dispoziční uspořádání, na které navazuje další řešení především stavebního charakteru (rozvody elektrické energie, stlačeného vzduchu, tepla atd.). Následuje řešení organizace a ekonomické vyhodnocení projektu, které v poslední době získává na stále větší důležitosti [1].

### 1.1 Postupové grafy

Jsou určeny pro znázornění pracovních procesů a toku materiálu ve výrobním závodě. Je využíváno grafických značek (viz obr 1.1), které mohou být modifikovány pro detailnější rozbor. Při tvorbě postupových grafů se zde uvedené značky spojují pomocí plných čar se šipkami pro zobrazení toku materiálu ve výrobním procesu [2], [3].



Obr. 1.1 Značky používané pro postupové grafy [2], [3].

### 1.2 Šachovnicová tabulka

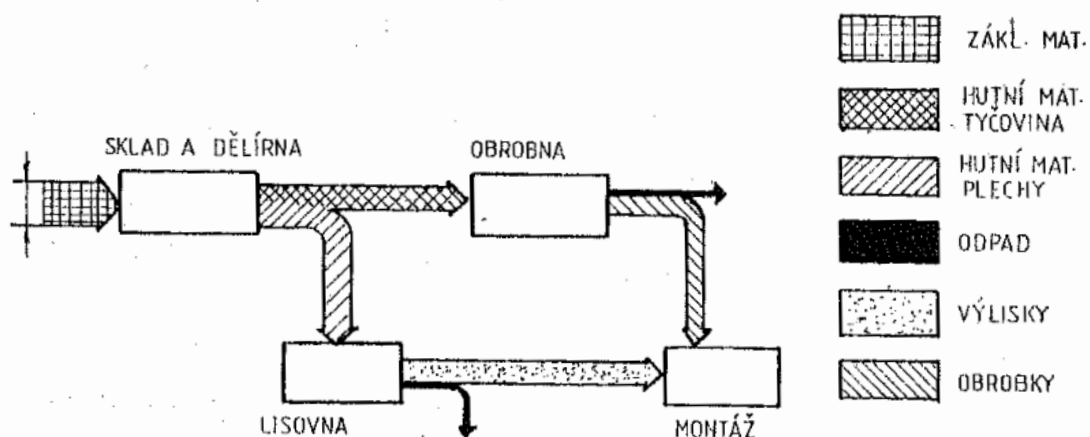
Šachovnicová tabulka spadá do rozborových metod pro rozbor toku materiálu (vnitrozávodní manipulace nebo vztahy mezi závodem a jeho okolím). Dále může být použita na popis toku informací nebo o pohybu pracovníků. Do tabulky se vynášejí množství toku materiálu v kusech, tunách nebo objemu součástí. Využití šachovnicové tabulky je jako jeden ze základních nástrojů pro dispozici ekonomických, technických nebo administrativních útvarů výrobního závodu. Dále je možné využít šachovnicovou tabulku pro rozmístění strojů v návrhu. Přičemž výchozími znaky jsou vzdálenost jednotlivých pracovišť nebo strojů (popř. technologických skupin strojů) a intenzita jejich spolupráce [5].

| ODESÍLACÍ MÍSTO           | PŘIJÍMACÍ MÍSTO |                             |          |                       |                  |                    |                   |                 |               |         |                 |                |       | CELKEM<br>ODESLÁNO [t] |
|---------------------------|-----------------|-----------------------------|----------|-----------------------|------------------|--------------------|-------------------|-----------------|---------------|---------|-----------------|----------------|-------|------------------------|
|                           | EXPEDICE        | SKLAD VSAZ.<br>A FORM. MAT. | SLÉVÁRNA | SKLAD<br>VALC. MATER. | MECHAN.<br>DÍLNA | DŘEVOOBR.<br>DÍLNA | ÚSTŘEDNÍ<br>SKLAD | SKLAD<br>ŘEZIVA | SKLAD<br>UHŘÍ | KOTELNA | SKLAD<br>ODPADU | SKLAD<br>POPEL | POPEL |                        |
| CITÍ PODNIK, PŘISUVDOZÁV. | 8353            | —                           | 1150     | 200                   | —                | 975                | 650               | 4350            | —             | —       | —               | —              | —     | 15 678                 |
| SKLAD VSAZ. A FORM. MAT.  | —               | 10353                       | —        | —                     | —                | —                  | —                 | —               | —             | —       | —               | —              | —     | 10 353                 |
| SLÉVÁRNA                  | —               | —                           | 5400     | —                     | —                | —                  | —                 | —               | —             | —       | 5728            | 525            | —     | 11 353                 |
| SKLAD VALC. MATER.        | —               | —                           | —        | 1150                  | —                | —                  | —                 | —               | —             | —       | —               | —              | —     | 1 150                  |
| MECHAN. DÍLNA             | 5000            | —                           | —        | —                     | —                | —                  | —                 | —               | —             | 2825    | —               | —              | —     | 7 825                  |
| DŘEVOOBRÁB. DÍLNA         | —               | —                           | 50       | —                     | 500              | —                  | —                 | —               | —             | 100     | 50              | —              | —     | 700                    |
| ÚSTŘEDNÍ SKLAD            | —               | —                           | 80       | —                     | 875              | 50                 | —                 | —               | —             | —       | —               | —              | —     | 975                    |
| SKLAD ŘEZIVA              | —               | —                           | —        | —                     | —                | 650                | —                 | —               | —             | —       | —               | —              | —     | 650                    |
| SKLAD UHŘÍ                | —               | —                           | 900      | —                     | —                | —                  | —                 | —               | 3450          | —       | —               | —              | —     | 4350                   |
| KOTELNA                   | —               | —                           | —        | —                     | —                | —                  | —                 | —               | —             | —       | 500             | 3050           | —     | 3550                   |
| SKLAD ODPADU              | 875             | 2000                        | —        | —                     | —                | —                  | —                 | —               | —             | —       | —               | —              | —     | 2 875                  |
| CELKEM PŘIJATO [t]        | 5875            | 10363                       | 11353    | 1150                  | 7825             | 700                | 975               | 650             | 4350          | 3550    | 2875            | 6228           | 3575  | 59 459                 |

Obr. 1.2 Šachovnicová tabulka [5].

### 1.3 Sankeyův diagram

Nástroj analýzy velice těsně provázaný se šachovnicovou tabulkou, který se uplatní pro přehledné grafické znázornění intenzity toku materiálu mezi jednotlivými stroji nebo mezi celými technologickými celky výrobního programu. Intenzita materiálového toku je kvantifikována pomocí tloušťky čar. Znázorněn může být jak tok výrobků nebo polotovarů, tak odpadu. Délka čar značí vzdálenost přepravovaného materiálu a šipka na konci čáry směr toku materiálu [5].



Obr. 1.3 Sankeyův diagram [5].

### 1.4 Kapacitní propočty

Obecné dělení kapacitních propočtů je na kapacitní propočty přibližné a podrobné. Další možné dělení je na kapacitní propočty přímé a nepřímé. Pomocí kapacitních propočtů se určuje teoretická potřeba:

- strojů a zařízení,
- manipulačních prostředků,
- výrobních a pomocných dělníků,
- inženýrsko-technických a pomocných pracovníků,
- výrobních, pomocných, správních a sociálních ploch,
- energií dle jednotlivých druhů.

Kapacitních propočtů se využívá jak při návrhu nového výrobního procesu, tak při racionalizaci a optimalizaci stávajícího výrobního procesu [1].

#### 1.4.1 Hrubé kapacitní propočty

Snadné a rychle proveditelné kapacitní propočty, které se uplatní pro utvoření základního náhledu v počátku technologického projektu. Přesnost hrubých kapacitních propočtů je založena na volbě správných ukazatelů s co největší mírou podobnosti (shodnost typu výroby, organizace, strojů a zařízení) navrhovaného projektu a ukazatelů odvozených z praxe. Je možné využít přímých a nepřímých ukazatelů [1].

##### a) Přímé ukazatele [1]

Pro využití přímých ukazatelů je třeba množství vztáhnout na nějakou ze základních jednotek např.:

- jednotkovou pracnost ( $Nh/ks$ ,  $Nh/kg$ ,  $Nh/m^3$ ),
- roční objem výroby na jednoho pracovníka ( $Kč/pracovník$  za rok,  $t/pracovník$  za rok),
- roční objem výroby na jednotku plochy ( $Kč/m^2$  za rok,  $t/m^2$  za rok,  $ks/m^2$  za rok),
- poměrné rozdělení (pracnost určitých profesí, celkové plochy v poměru k jiným plochám),
- spotřeba energie na jednotku výroby.

##### Počet dělníků

$$D = \frac{V}{q_d} \quad (1.1)$$

$V$  – je objem výroby [ $Kč$ ], [ $t$ ], [ $ks$ ]

$D$  – potřebný počet dělníků

$q_d$  – ukazatel výroby jednoho dělníka v příslušných jednotkách [ $Kč$ ], [ $t$ ], [ $ks$ ]

**Množství strojů a zařízení**

$$P = \frac{V}{q_s \cdot s_s} \quad (1.2)$$

kde:

P – potřebné množství strojů a zařízení [ks]

V – je objem výroby [Kč], [t], [ks]

$q_s$  – ukazatel výroby jednoho stroje v příslušných jednotkách [Kč], [t], [ks]

$s_s$  – směnnost strojní [-]

**Plochy**

$$F = \frac{V}{q_F \cdot s_s} \quad (1.3)$$

kde:

F – potřebná plocha [m<sup>2</sup>]

V – je objem výroby [Kč], [t], [ks]

$q_F$  – výrobnost na 1 m<sup>2</sup> plochy v jedné směně v příslušných jednotkách [Kč], [t], [ks]

$s_s$  – směnnost strojní [-]

**b) Nepřímé ukazatele [1]**

U nepřímých ukazatelů je výpočet poněkud složitější z důvodu získání hledané veličiny až po dalším přepočtu. Pro úspěšný výpočet je nutné znát objem výroby a alespoň některé poměrové ukazatele např.:

- poměr strojní a ruční pracnosti [%],
- poměr mezd v objemu roční výroby [%],
- hodinová mzda strojního a ručního dělníka [Kč/h],
- pracnost připadající na jednotku objemu výroby [Nh/1000 Kč],
- poměr pomocné plochy a plochy výrobní [%].

**1.4.2 Podrobné kapacitní propočty**

Výpočty podrobných kapacitních propočtů vycházejí především z technologických postupů a technicko-hospodářských výkonových norem. Tento druh propočtů dává přesnější výsledky, protože využívá přesnějších způsobů výpočtu přizpůsobených přímo pro konkrétní výrobek [1].

**a) Časové fondy [1]**

Nejprve je nutné určit časové fondy ručního a strojního pracoviště a dělníka. Jako ruční pracoviště je brán zámečnický stůl, který nepotřebuje údržbu, ani nehrozí porucha jako u pracoviště strojního. Odečítají se tedy pouze neděle, soboty a státní svátky.

**Fond ručního pracoviště  $E_r$** 

$$E_r = (365 - 52 - 52 - 8) = 253 \text{ dní} \quad (1.4)$$

**Fond strojního pracoviště  $E_s$** 

Výpočet časového fondu stroje se počítá s opravným koeficientem ručního pracoviště pro plánované i neplánované opravy. Výše koeficientu se volí podle složitosti nebo velikosti stroje.

$$E_s = E_r - (0,04 \div 0,1) \cdot E_r \cdot \frac{37,5}{5} [h/rok] \quad (1.5)$$

**Fond dělníka  $E_d$** 

Pro výpočet efektivního fondu dělníka musíme odečíst dovolenou a průměrnou nemocnost.

$$E_d = E_r - (20 + 14) \cdot \frac{37,5}{5} [h/rok] \quad (1.6)$$

**b) Stroje a zařízení [1]**

Základní vzorec pro výpočet počtu strojů a zařízení, od kterého se odvíjí všechny další výpočty. Koeficient překračování norem se bere v úvahu z důvodu, že dělník při zapracování získá vyšší zručnost a je schopen práci udělat rychleji než je mu dáno normou. Výpočet nedává přesný počet strojů je, proto je třeba zaokrouhlit obvykle na vyšší číslo, které značíme  $P_{sk}$ . Výpočet pro ruční pracoviště je analogický, pouze se mění dolní index  $s$  na  $E_r$ ,  $k_{pnr}$ ,  $S_r$ .

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} [ks] \quad (1.7)$$

kde:

$P_{th}$  – teoretický počet strojů [ks]

$N$  – počet vyráběných kusů [ks]

$t_k$  – čas na danou technologickou operaci [min]

$E_s$  – efektivní fond stroje v jedné směně [h/rok]

$S_s$  – směnnost strojní [-]

$k_{pns}$  – koeficient překračování norem [-]

Po zaokrouhlení na vyšší celé číslo, nebo po organizačním zásahu poklesne využití strojů. Využití můžeme určovat jak u strojů využívaných v jedné operaci, tak skupin strojů, linky, nebo souhrnně všech strojů na dílně. Analogicky opět probíhá výpočet využití ručních pracovišť.

$$\eta_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 [\%] \quad (1.8)$$

kde:

$\eta_{op}$  – využití stroje v dané operaci [%]

$P_{th}$  – teoretický počet strojů [ks]

$P_{sk}$  – skutečný počet strojů [ks]

**c) Určení počtu výrobních dělníků [4]**

Celkový počet strojních dělníků potřebných pro danou technologickou operaci se vypočte pomocí vztahu (1.9). Opět je nutné dělníky zaokrouhlit směrem nahoru a déle rozdělit do směn (v případě lichého počtu se obvykle posiluje ranní směna). Pro výpočet ručních dělníků  $D_{VR}$  se opět použije shodný vzorec, pouze s úpravou dolních indexů.

**Celkový počet strojních dělníků  $D_{VST}$** 

Výpočtový vztah velice podobný vztahu pro výpočet strojů a strojních zařízení.

$$D_{VST} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot k_{pns}} \quad (1.9)$$

**Evidenční počet strojních a ručních dělníků**

Evidenční stavy dělníků jsou odlišné z důvodu rozdílnosti časových fondů strojního pracoviště, ručního pracoviště a dělníka a to dle vztahů (1.10) a (1.11).

$$D_{evST} = D_{VST} \cdot \frac{E_s}{E_d} \quad (1.10)$$

$$D_{evR} = D_{VR} \cdot \frac{E_r}{E_d} \quad (1.11)$$

**1.5 Možné způsoby vyhodnocení**

Při hodnocení projektu je nutné postupovat co možná nejvíce objektivně, proto je nutné zpracovat několik možných variant řešení. U každé varianty uvedeme její výhody a nevýhody, ze kterých můžeme vytvořit srovnávací tabulku. Výběr optimální varianty probíhá na závěr v technicko-ekonomickém hodnocení, které se může sestávat např.:

- textového hodnocení (je složeno ze zadání, splnění požadavků zadání, výhody a nevýhody variant, opatření nutných k realizaci a celkové zhodnocení),
- ideální řešení (řešení naprosto splňující zadání, ale bez žádných omezení – nerealizovatelné a použitelné jen jako porovnávací základna),
- ekonomické propočty (porovnání variant pomocí jednotného přístupu) [5].

**1.5.1 Ekonomické propočty**

Je několik možností ekonomický propočtů jako např. návratnost, nebo ekonomická efektivnost, které jsou přiblíženy pomocí vztahů (1.12) a (1.13) [5].

**a) Koefficient ekonomické efektivnosti [5]**

$$k_{ef} = \frac{N_{\dot{u}}}{I_i - I_s} [-] \quad (1.12)$$

kde:

$N_{\dot{u}}$  – roční úspora nákladů při realizaci i-té varianty [Kč]

$I_s$  – investiční náklady současného stavu [Kč]

$I_i$  – investiční náklady i-té varianty [Kč]

**b) Návratnost vložených investic [5]**

$$T_{\dot{u}} = \frac{I_i - I_s}{N_{\dot{u}}} \text{ [roky]} \quad (1.13)$$

Návratnost vložených investic je pouze obrácenou hodnotou koeficientu ekonomické efektivnosti a vychází ze shodných výchozích hodnot.

**1.5.2 Metoda bodovací**

Bodovací metoda je použitelná, pokud jsou hodnocená kritéria shodné nebo blízké důležitosti. Zvolí se stupnice bodování a jednotlivá kritéria se ohodnotí. Stupnice může být volena se shodně velkými intervaly nebo s intervaly rostoucími pro větší zvýraznění dobrých vlastností varianty. Jako optimální varianta pak vychází ta, která získá nejvíce bodů [5].

**1.5.3 Metoda klasifikační**

Hodnocení, které vychází z bodovací metody, s tím rozdílem, že můžeme hodnotit i kritéria s různou důležitostí. Tedy na rozdíl od bodovací metody pouze přiřadíme důležitost a výsledné body pak danou důležitostí násobíme. Optimální variantou se opět stává ta, jaká je ohodnocena nejvyšším počtem bodů [5].



## 2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Technologický postup výroby čerpadla CP3 je rozdělen do třech hlavních bloků. Hrubovací obrábění před tepelným zpracováním, tepelné zpracování (kalení a popouštění) a následuje dokončovací obrábění po tepelném zpracování (frézování, broušení, honování).

Výroba čerpadla CP3 probíhá v současné době ve firmě Bosch Diesel Jihlava na třech výrobních linkách. Dvě z těchto linek jsou velkosériové - Flex linka a Transfer linka. CNC linka je určena pro malosériovou výrobu. Transfer a CNC linka jsou umístěny v hale 301 a Flex linka na hale 310. V současném uspořádání má každá linka vlastní vedení a osoby zodpovědné za výrobu na jednotlivé lince. Velkosériové hrubovací linky fungují jako celé bloky a není proto možná žádná optimalizace uspořádání strojních pracovišť. V případě malosériové linky není možná optimalizace z kapacitních důvodů. Není možné realizovat přesun pouze části strojů, ale je nutné přesunovat celé části linek určené pro obrábění před tepelným zpracováním. Tato možnost je značně náročná na potřebný prostor a přináší minimální efekt, proto této problematice nebude věnována pozornost. Naopak při dokončovacím obrábění po tepelném zpracování se z velké části využívá shodných typů strojů (viz tabulka 2.1), které nejsou vždy optimálně využity. Pak tedy přestěhováním a přemístěním strojů do jedné haly je možné dosáhnout úspor jak počtu využitých strojů, tak v důsledku toho i snížení nároků na obsluhu a manipulaci s materiálem. Dále nižší nutnost přeseřazení (změna typu čerpadla CP3) umožňuje snížit počet seřizovačů. Zjednodušení struktury vedení přináší další výhody ve směru snížení počtu směnových mistrů, bližší pohled na aktuální stav obsluhy je uveden v tabulce 2.2.

Tabulka 2.1 Aktuální počty strojů na všech linkách pro obrábění po tepelném zpracování.

| Aktuální počty strojů na všech linkách |     |          |      |
|--|-----|----------|------|
|  | CNC | Transfer | Flex |
| Heller L0                              | 3   | 0        | 0    |
| Grob L1                                | 4   | 0        | 0    |
| Grob op. 140                           | 0   | 0        | 3    |
| M3                                     | 0   | 1        | 0    |
| Brusky ZČ                              | 1   | 1        | 1    |
| Brusky flansch                         | 4   | 3        | 5    |
| Kadia                                  | 2   | 2        | 3    |
| Gehring                                | 1   | 1        | 2    |
| Pračka                                 | 1   | 1        | 2    |
| Suchá tlak. zk.                        | 1   | 1        | 2    |
| Součet                                 | 17  | 10       | 18   |

Tabulka 2.2 Aktuální počet strojů a obsluhy pro obrábění po tepelném zpracování.

| Aktuální stav  |           |                |           |               |            |
|----------------|-----------|----------------|-----------|---------------|------------|
|                | Počet MAE | Počet MA/směna |           |               |            |
|                |           | Obsluha        | Seřizovač | Směnový mistr | Manipulant |
| M3             | 1         | 2              | 3         | 2             | 2          |
| HELLER L0      | 3         | 3              |           |               |            |
| Grob L1        | 4         | 1              |           |               |            |
| Grob 140       | 3         | 2              |           |               |            |
| Bruska ZČ      | 3         | 1,5            |           |               |            |
| Bruska flansch | 12        | 8,5            | 3         | 1             | 1          |
| Kadia          | 7         | 2,5            |           |               |            |
| Gehring        | 4         | 3              |           |               |            |
| Pračka         | 4         | 1,5            |           |               |            |
| Suchá tl. zk.  | 4         | 3              |           |               |            |
| Součet         | 45        | 28             | 6         | 3             | 3          |
| Celkem         | 45        | 40             |           |               |            |

## 2.1 Technologický postup výroby čerpadla CP3

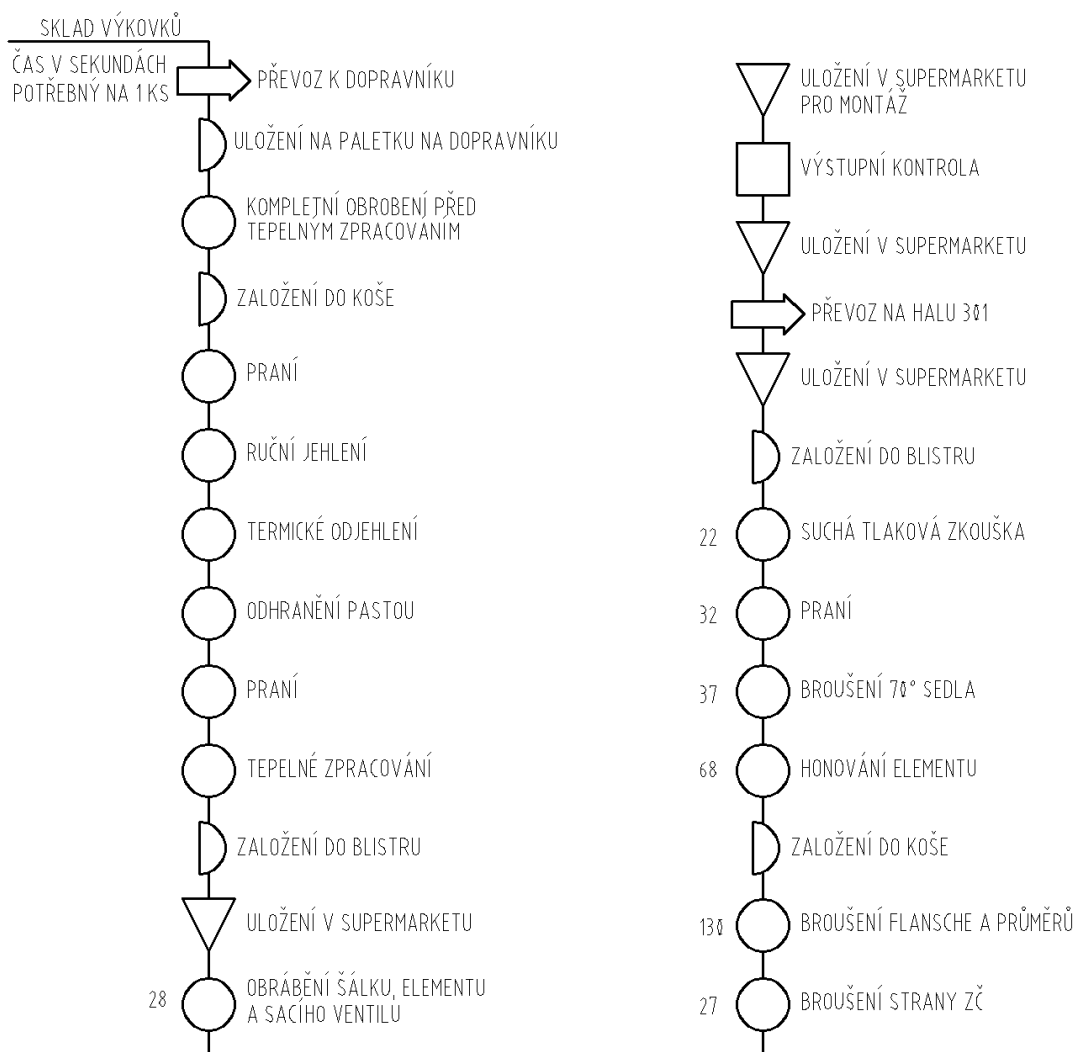
Jako příklad technologického postupu je zvolena velkosériová Flex linka, výroba před tepelným zpracováním na ostatních linkách probíhá mírně odlišně, ale výstup je shodný a pro potřeby práce je dostačující jednoduchý přehled o obrábění před tepelným zpracováním. Obrábění po tepelném zpracování je již shodné na všech linkách (až na obrábění sacího ventilu, šálku a elementu), proto také nese vyšší potenciál pro optimalizaci výroby.

Do procesu výroby tělesa čerpadla CP3 vstupuje jako výchozí polotovár výkovek. Výkovek je založen na paletku na pásovém dopravníku. Pásovým dopravníkem je výkovek dopraven k posuvnému ramenu, které uchopí 4 výkovky a ty jsou následně zavezeny do jednoho ze strojů určených pro první hrubovací operaci. Po vyhrubování jsou výkovky zavezeny posuvným ramenem opět k pásovému dopravníku a na něm jsou polotovary přesunuty k další operaci. Tímto způsobem projde polotovár celým obráběním před tepelným zpracováním. Poté je třeba odstranit procesní kapaliny, které zůstanou na polotovaru a následuje operace ručního odjehlení. Další operací je termické odjehlení, které je založeno na výbuchu zemního plynu v uzavřené komoře, kdy je využito dvou výbuchů. Po termickém odjehlení technologický postup pokračuje odjehlení pastou, která se protlačí vysokotlakými kanály tělesa čerpadla. Po odjehlovacích operacích je nutné polotovary opět vyprat, aby se odstranily zbytky pasty, oxidy a saze na povrchu polotovaru, které vzniknou termickým odjehlením. Tepelné zpracování (kalení a popouštění) probíhá ohřevem těles a jejich následným zmrazením pomocí suchého ledu. Zmrazená tělesa jsou poté popouštěna ohřevem na popouštěcí teplotu a ochlazená na vzduchu. Po zakalení proces výroby pokračuje obrobením sacího ventilu, šálku a elementu tělesa čerpadla. Technologické procesy broušení začínají broušením strany zubového čerpadla (typy které nejsou osazeny zubovým čerpadlem je tato technologická operace vynechána) a následuje broušení strany pro flansch, vnitřních a vnějších průměrů tělesa. Poté je nutné honovat element tělesa čerpadla a brousit 70° sedlo pro těsnící kuličku. Po této operaci již dokončená tělesa čerpadla jsou vyprána, aby se opět odstranily zbytky procesních kapalin a dalších nečistot. Na výstupu z pračky je provedena suchá tlaková zkouška těsnosti tělesa čerpadla. Takto obrobená tělesa jsou poté odeslána na výstupní

kontrolu a následně předána na montáž. Manipulace s polotovary probíhá buď v plastových blistrech po 6 nebo 4 kusech (pro největší čerpadlo CP3.4) nebo v drátěných koších. Při dlouhodobějším uložení (řádově dny) jsou polotovary uloženy v blistrech z důvodu ochrany proti korozi. Pokud je uložení krátkodobé, polotovary jsou uloženy v koších, které zároveň umožňují zakládání po více kusech do stroje (např. pračky).

## 2.2 Postupový graf výroby

Postupový graf výroby tělesa čerpadla CP3 na Flex lince. Časy jsou uvedené v sekundách/kus pro obrábění po tepelném zpracování.



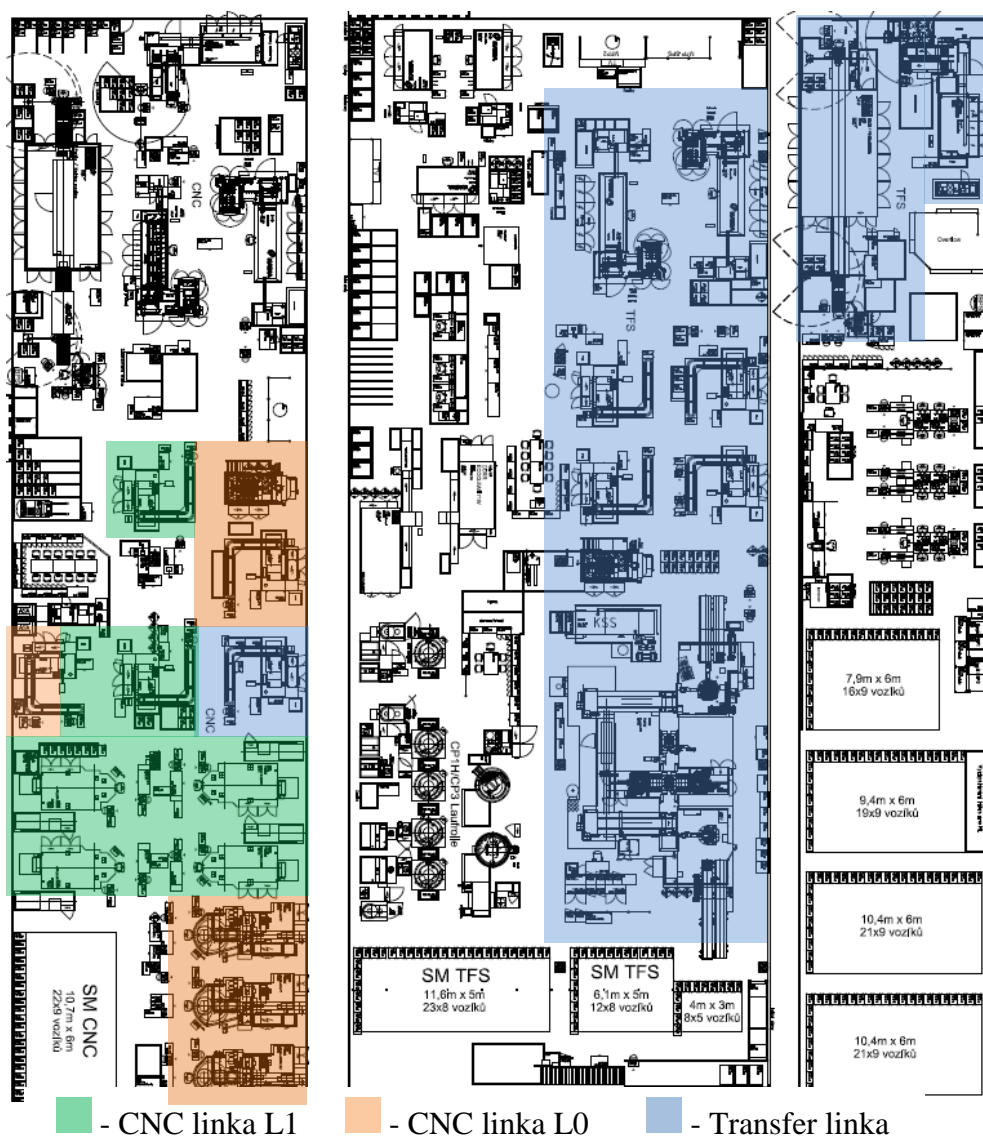
Obr. 2.1 Postupový graf výroby tělesa čerpadla CP3.

### 2.3 CNC linka

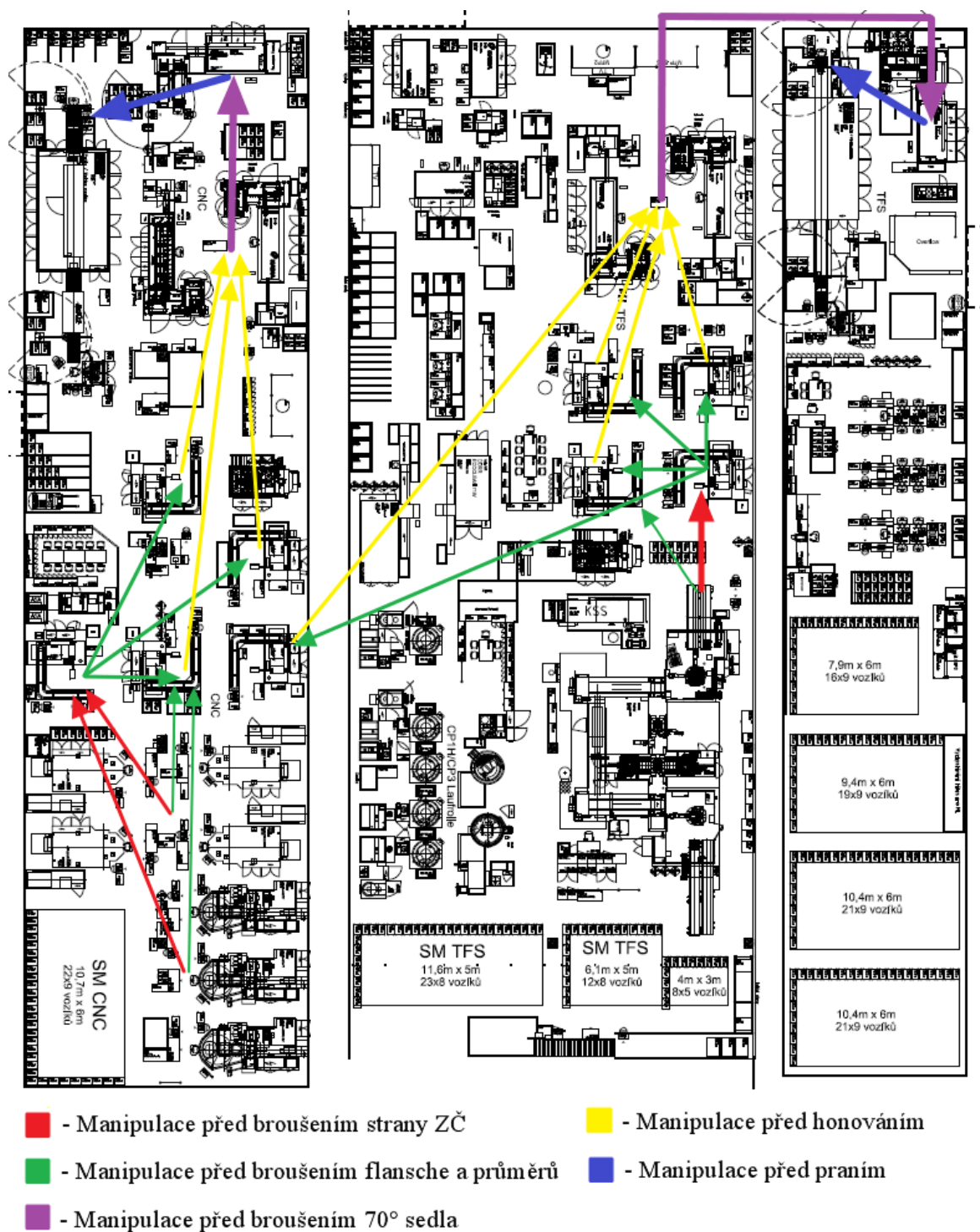
CNC linka se dále dělí na L0 (linka 0) a na L1 (linka 1). Linka CNC je malosériová linka určená především pro výrobu největších čerpadel CP3.4, ale také pro menší série ostatních typů. Charakteristikou hrubovacích operací této linky je velké množství jednotlivých CNC strojů značky Heller uspořádaných do párů, jejichž výroba není vzájemně provázaná. Dokončovací obrábění po kalení je realizováno nejprve na strojích Grob (L1) nebo Heller (L0). Následné obrábění po tepelném zpracování je na obr. 2.2.

### 2.4 Transfer linka

Transfer linka je velkosériová linka s vysokou produktivitou, jejíž nevýhodou je časově náročné přeseřazení a nutnost zastavení výroby na celé lince jako důsledek poruchy jednoho stroje. Hrubovací obrábění je realizováno na strojích Heller uspořádaných do vzájemně provázané linky. Dokončovací obrábění je realizováno na stroji M3, opět se jedná o spojení strojů Heller. Následné obrábění po tepelném zpracování je znázorněno na obr. 2.2. Tok materiálu při výrobě obou linek je zobrazen na obr. 2.3.



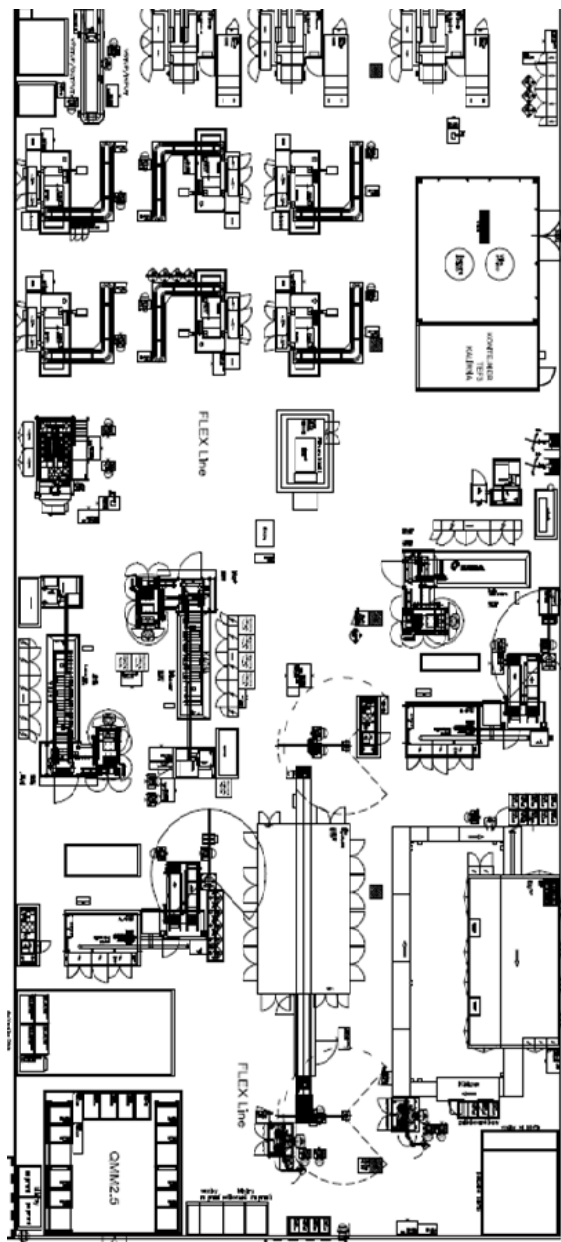
Obr. 2.2 Aktuální uspořádání strojů pro obrábění po tepelném zpracování na hale 301.



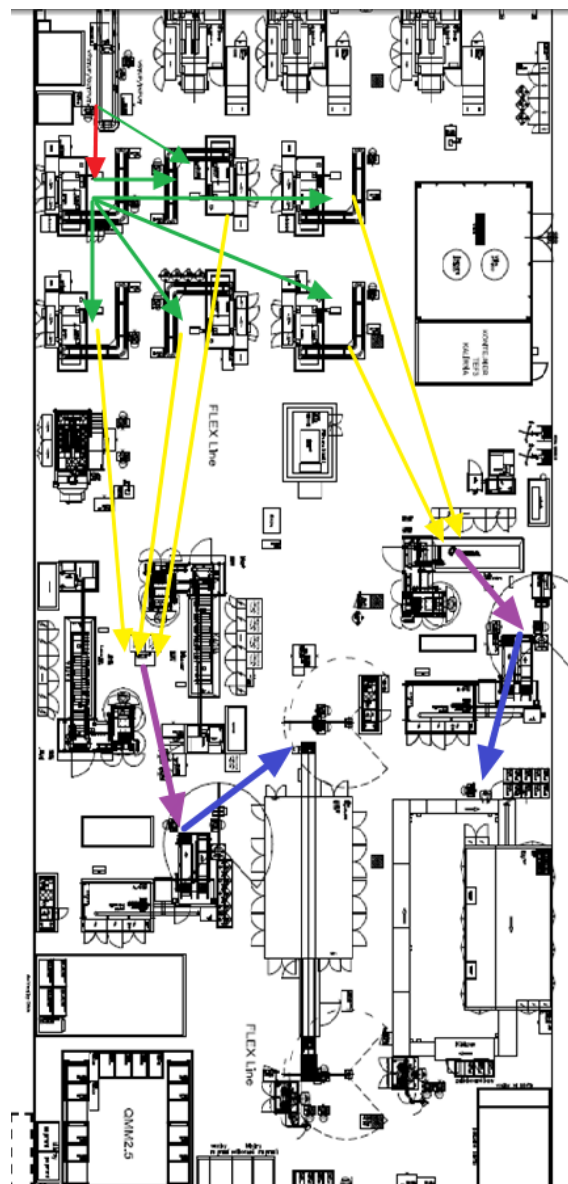
Obr. 2.3 Tok materiálu na hale 301.

## 2.5 Flex linka

Nejnovější velkosériová linka s nejvyšší produktivitou. Obrábění před tepelným zpracováním je prováděno na strojích Grob. Po kalení následuje obrábění sacího ventilu, šálku a elementu na obdobně uspořádaných strojích opět firmy Grob. Obrábění po tepelném zpracování je znázorněno na obr. 2.4.



Obr. 2.4 Aktuální uspořádání strojů pro obrábění po tepelném zpracování na hale 310.



- - Manipulace před broušením strany ZČ
- - Manipulace před broušením flansche a průměrů
- - Manipulace před broušením 70° sedla
- - Manipulace před honováním
- - Manipulace před práním

Obr. 2.5 Tok materiálu na hale 310.

### 3 VARIANTNÍ ŘEŠENÍ

Pro získání optimální varianty je nutné mít dostatečný počet variant řešení, aby bylo možné nalézt nejvhodnější variantu pro podnik. Taková varianta může být posuzována z hlediska návratnosti investice, roční úspory, zvýšení využití strojů a dalších aspektů. Stroje byly rozmisťovány tak, aby jejich uspořádání vyhovovalo vícestrojové obsluze a zároveň, aby byla zajištěna technologická návaznost. Úspory vznikají jak novým uspořádáním, tak zavedením vícestrojové obsluhy na bruskách Schaudt na všech linkách.

#### 3.1 Kapacitní propočet

Kapacitní propočet má za úkol určit potřebný počet strojů pro technologické operace. Počty strojů je nutné zaokrouhlit směrem nahoru, případně je nutné udělat organizační zásah do skutečného počtu strojů, z důvodu zajištění kapacit i pro případ nepředpokládaného navýšení produkce, nebo závažnější poruchu některého stroje. Další možností navýšení počtu strojů je důsledkem rozdělení CNC linie na L0 a L1. Strojní časy jsou pouze přibližné a liší se u různých typů těles. Koeficient překračování strojních norem je volen 1 z důvodu, že obsluha zakládá tělesa do strojů a tyto časy jsou započteny do vedlejších časů a nikoli do taktu stroje, se kterými je počítáno v kapacitních propočtech.

##### a) Časové fondy

$$E_r = (365 - 52 - 52 - 8) = 253 \text{ dní}$$

$$E_s = (E_r - (0,04 \div 0,1) \cdot E_r) \cdot \frac{37,5}{5} = (253 - 0,1 \cdot 253) \cdot \frac{37,5}{5} = 1707 \text{ h/rok}$$

kde:

0,1 – koeficient pro plánované i neplánované opravy strojů

37,5 – počet pracovních hodin v týdnu [h]

5 – počet pracovních dní v týdnu [dny]

$$E_d = (E_r - (20 + 14)) \cdot \frac{37,5}{5} = (253 - (20 + 14)) \cdot \frac{37,5}{5} = 1642 \text{ h/rok}$$

kde:

20 – dovolená pracovníka [dny]

14 – průměrná nemocnost pracovníka [dny]

##### b) Počet brusek Schaudt pro broušení plochy pro zubové čerpadlo a jejich využití

Zde je počet kusů vyráběných za rok nižší z důvodu, že některá čerpadla nejsou na montáži osazena přídatným zubovým čerpadlem. Poté není již nutné stranu zubového čerpadla tělesa brousit a tím snížit potřebu brusek.

$$P_{thz\check{c}} = \frac{t_{z\check{c}} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} \text{ [ks]} \quad (3.1)$$

$$P_{thz\check{c}} = \frac{0,45 \cdot 1000000}{60 \cdot 1707 \cdot 3.1} = 1,47 \text{ ks}$$

$$P_{skz\check{c}} = 2 \text{ ks}$$

$$\eta_{z\check{c}} = \frac{P_{thz\check{c}}}{P_{skz\check{c}}} \cdot 100 [\%] \quad (3.2)$$

$$\eta_{z\check{c}} = \frac{1,47}{2} \cdot 100 = 73,5 \%$$

**c) Počet brusek Schaudt pro broušení plochy pro zubové čerpadlo (CP3.4) a jejich využití**

Pro broušení strany zubového čerpadla největšího tělesa čerpadla CP3.4 je určena jedna samotná bruska z důvodu minimalizace přeseřizení a zároveň jako záložní stroj pro zajištění kapacit pro případ poruchy.

$$P_{thz\check{c}CP3.4} = \frac{t_{z\check{c}CP3.4} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot S_S \cdot k_{pns}} [\text{ks}] \quad (3.3)$$

$$P_{thz\check{c}CP3.4} = \frac{0,58 \cdot 100000}{60 \cdot 1707 \cdot 3 \cdot 1} = 0,19 \text{ ks}$$

$$P_{skz\check{c}CP3.4} = 1 \text{ ks}$$

$$\eta_{z\check{c}CP3.4} = \frac{P_{thz\check{c}CP3.4}}{P_{skz\check{c}CP3.4}} \cdot 100 [\%] \quad (3.4)$$

$$\eta_{z\check{c}CP3.4} = \frac{0,19}{1} \cdot 100 = 19 \%$$

**d) Počet brusek Schaudt pro broušení flansche a průměrů a jejich využití**

$$P_{thfl} = \frac{t_{fl} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot S_S \cdot k_{pns}} [\text{ks}] \quad (3.5)$$

$$P_{thfl} = \frac{2,17 \cdot 1300000}{60 \cdot 1707 \cdot 3 \cdot 1} = 9,18 \text{ ks}$$

$$P_{skfl} = 10 \text{ ks}$$

$$\eta_{fl} = \frac{P_{thfl}}{P_{skfl}} \cdot 100 [\%] \quad (3.6)$$

$$\eta_{fl} = \frac{9,18}{10} \cdot 100 = 91,8 \%$$

**e) Počet honovacích strojů Kadia a jejich využití**

$$P_{thho} = \frac{t_{ho} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot S_S \cdot k_{pns}} [\text{ks}] \quad (3.7)$$



$$P_{thho} = \frac{1,19.1300000}{60.1707.3.1} = 5,04 \text{ ks}$$

$$P_{skho} = 6 \text{ ks}$$

$$\eta_{ho} = \frac{P_{thho}}{P_{skho}} \cdot 100 [\%] \quad (3.8)$$

$$\eta_{zč} = \frac{5,04}{6} \cdot 100 = 84 \%$$

**f) Počet brusek Gehring pro broušení 70° sedla a jejich využití**

$$P_{thbr} = \frac{t_{br} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot S_S \cdot k_{pns}} [\text{ks}] \quad (3.9)$$

$$P_{thbr} = \frac{0,62.1300000}{60.1707.3.1} = 2,62 \text{ ks}$$

$$P_{skbr} = 3 \text{ ks}$$

$$\eta_{br} = \frac{P_{thbr}}{P_{skbr}} \cdot 100 [\%] \quad (3.10)$$

$$\eta_{br} = \frac{2,62}{3} \cdot 100 = 87,3 \%$$

**g) Počet praček Dürr a jejich využití**

$$P_{thpr} = \frac{t_{pr} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot S_S \cdot k_{pns}} [\text{ks}] \quad (3.11)$$

$$P_{thpr} = \frac{0,53.1300000}{60.1707.3.1} = 2,24 \text{ ks}$$

$$P_{skpr} = 3 \text{ ks}$$

$$\eta_{pr} = \frac{P_{thpr}}{P_{skpr}} \cdot 100 [\%] \quad (3.12)$$

$$\eta_{pr} = \frac{2,24}{3} \cdot 100 = 74,7 \%$$

**g) Počet pracovišť pro suchou tlakovou zkoušku a jejich využití**

$$P_{thstz} = \frac{t_{stz} \cdot N}{60 \cdot E_S \cdot S_S \cdot k_{pns}} [\text{ks}] \quad (3.13)$$

$$P_{thstz} = \frac{0,37.1300000}{60.1707.3.1} = 1,57 \text{ ks}$$

$$P_{skstz} = 3 \text{ ks}$$

$$\eta_{stz} = \frac{P_{thstz}}{P_{skstz}} \cdot 100 [\%] \quad (3.14)$$

$$\eta_{stz} = \frac{1,57}{3} \cdot 100 = 52,3 \%$$

Počet pracovišť pro suchou tlakovou zkoušku je nutné přizpůsobit počtu praček. Důvodem je skutečnost, že pracoviště suché tlakové zkoušky je pevně navázáno k pračce a jejich případné oddělení by znamenalo složitější manipulaci s materiálem s minimálními výhodami (cca 0,5 MA/směna, protože práci na málo vytíženém pracovišti může převzít seřizovač), které by rozdělení přineslo.

### 3.2 Varianta 1 – Sjedení obrábění po tepelném zpracování na hale 301

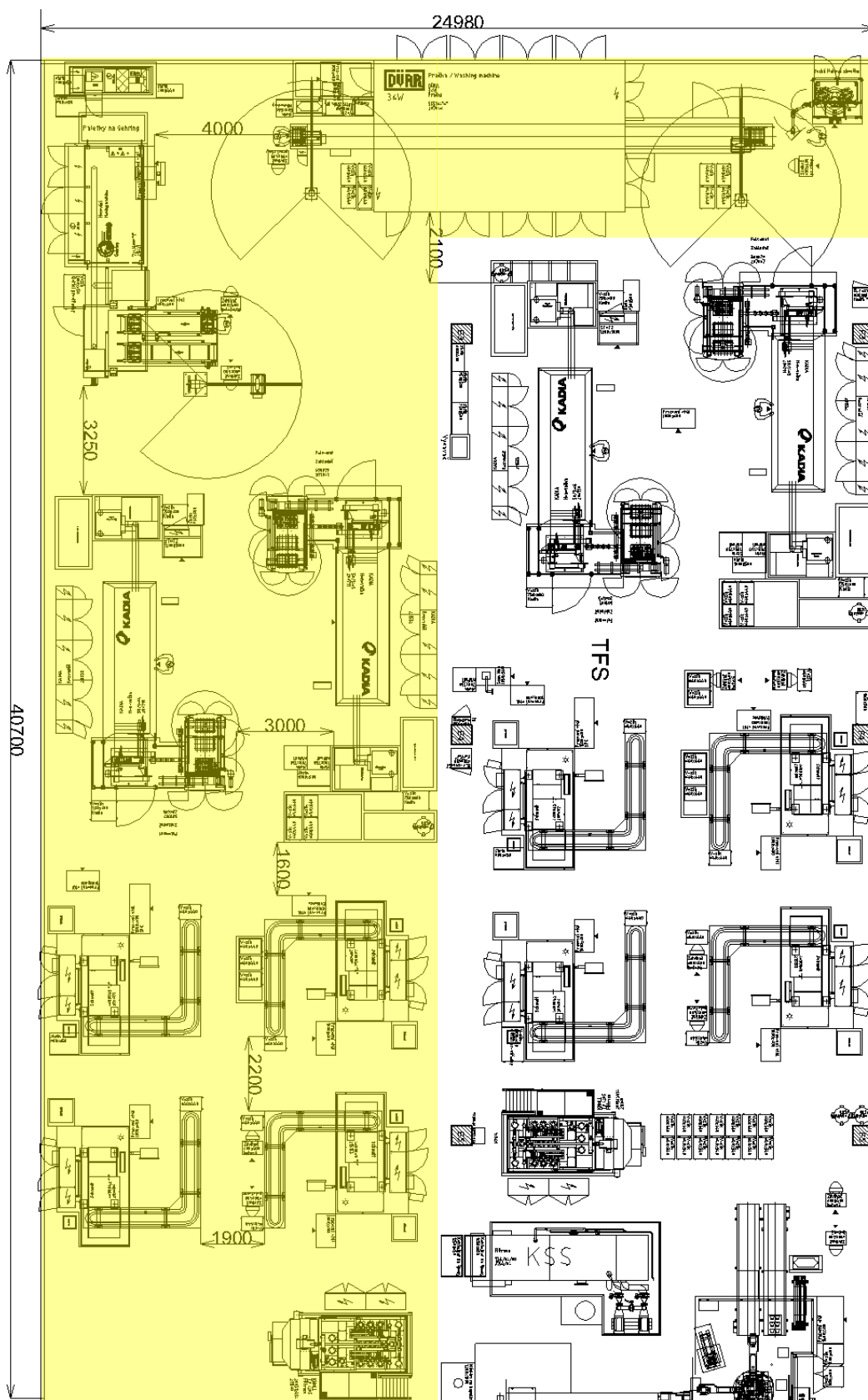
Sjedení obrábění po tepelném zpracování na hale 301 bylo první navrženou variantou. Výhodou je dostatek prostoru na hale 301, respektive stěhování strojů určených pro výrobu drobných dílců zajistí dostatek prostoru a je relativně snadno proveditelné (nutno přestěhovat pouze stroje určené pro výrobu drobných dílců).

Výsledné přínosy jsou zobrazeny v tabulce 3.1. Pro lepší přehlednost jsou změny v porovnání s tabulkou 2.2 zvýrazněny šedou barvou a výsledná úspora (rozdíl mezi aktuálním stavem a variantou 1 modře).

Tabulka 3.1 Porovnání současného a navrhovaného počtu obsluhy a strojů pro Variantu 1.

| Varianta 1     |           |                |           |               |            |
|----------------|-----------|----------------|-----------|---------------|------------|
|                | Počet MAE | Počet MA/směna |           |               |            |
|                |           | Obsluha        | Seřizovač | Směnový mistr | Manipulant |
| M3             | 1         | 2              | 2         | 0,5           | 1          |
| HELLER L0      | 3         | 3              |           |               |            |
| Grob L1        | 4         | 1              |           |               |            |
| Grob 140       | 3         | 1              |           |               |            |
| Bruska ZČ      | 3         | 1,5            |           |               |            |
| Bruska flansch | 10        | 3,5            | 2         | 0,5           | 1          |
| Kadia          | 6         | 2,5            |           |               |            |
| Gehring        | 3         | 1,5            |           |               |            |
| Pračka         | 3         | 2,5            |           |               |            |
| Suchá tl. zk.  | 3         | 2,5            |           |               |            |
| Součet         | 39        | 21             | 4         | 1             | 2          |
| Celkem         | 39        | 28             |           |               |            |
| Úspora         | 6         | 12             |           |               |            |

Jak je vidět z tabulky 3.1 úspora při zavedení této varianty by mohla být až 12 MA/směna. Tedy při třisměnném provozu je možné dosáhnout úspory 36 pracovníků a zároveň získat výhody zjednodušení řízení, snížení nutnosti přeseřizování a v neposlední řadě zjednoduší manipulaci s materiálem. Celkový pohled na dílnu pro obrábění po tepelném zpracování je v příloze 1.



■ - Přesun z haly 310

Obr. 3.1 Varianta 1.

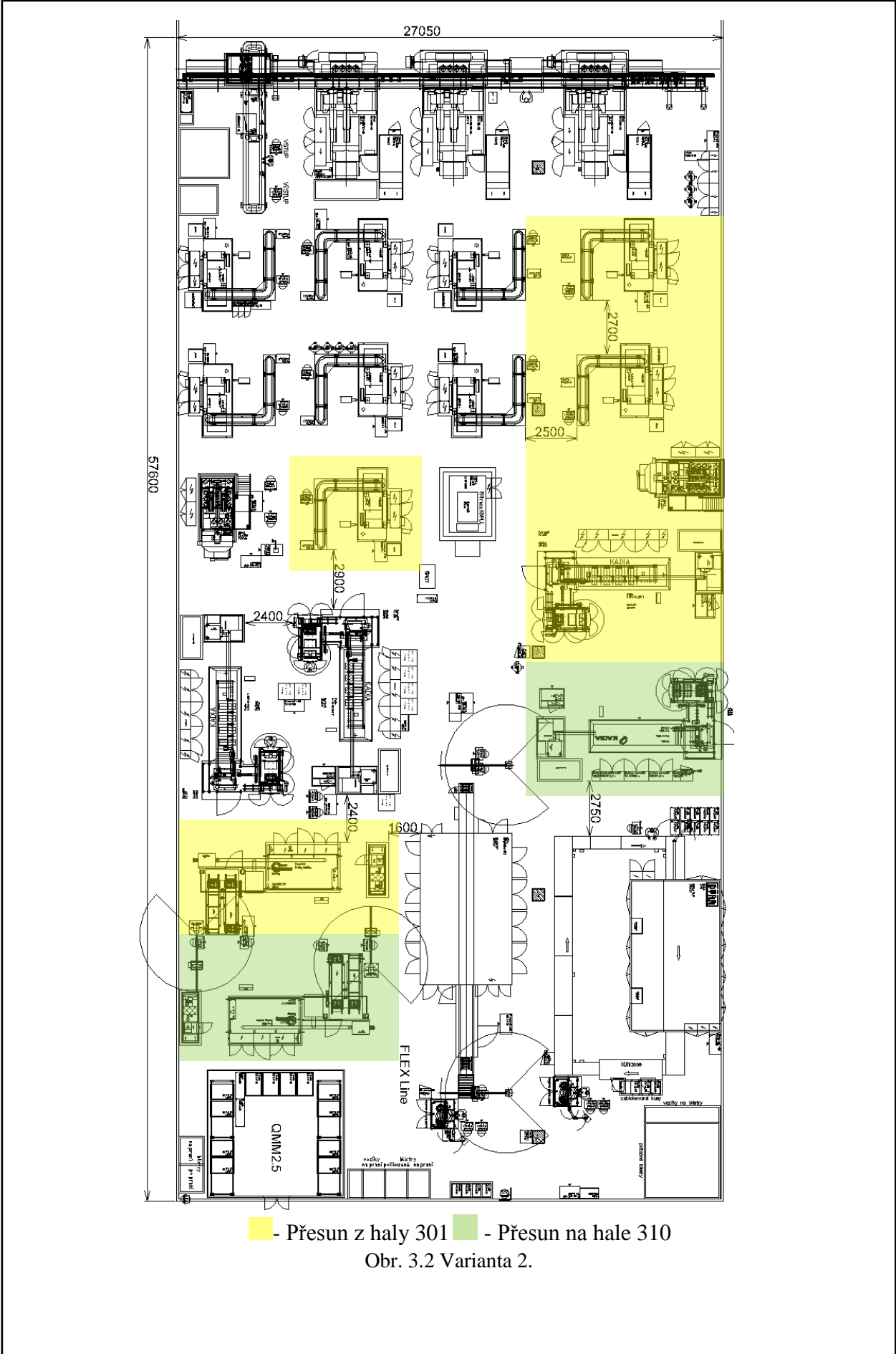
### 3.3 Varianta 2 – Přesun Transfer linky na halu 310

Tato varianta nepočítá s přesunem všech strojů do jedné haly, ale pouze jedné části - Transfer linky určené pro obrábění po tepelném zpracování viz obr. 3.2. Z tohoto důvodu je nutné navýšit počty některých strojů, protože zde již není možné naplno zužítkovat výhody sjednocení všech strojů na jedné hale. Výhoda této varianty je skutečnost, že není třeba stěhovat žádné stroje na hale 310 pro vytvoření prostoru pro stěhování. Pouze polohu několika strojů již umístěných na hale 310 je nutné upravit a dále je potřebné odstranit buňku, která je určená pro opravu dílů z kalírný.

Tabulka 3.2 Porovnání současného a navrhovaného počtu obsluhy a strojů pro Variantu 2.

| Varianta 2     |           |                |           |               |            |
|----------------|-----------|----------------|-----------|---------------|------------|
|                | Počet MAE | Počet MA/směna |           |               |            |
|                |           | Obsluha        | Seřizovač | Směnový mistr | Manipulant |
| M3             | 1         | 2              | 3         | 1             | 1          |
| HELLER L0      | 3         | 3              |           |               |            |
| Grob L1        | 4         | 1              |           |               |            |
| Grob 140       | 3         | 1              |           |               |            |
| Bruska ZČ      | 3         | 1,5            |           |               |            |
| Bruska flansch | 11        | 4,5            | 2         | 1             | 1          |
| Kadia          | 6         | 3              |           |               |            |
| Gehring        | 3         | 1,5            |           |               |            |
| Pračka         | 4         | 1,5            |           |               |            |
| Suchá tl. zk.  | 4         | 3              |           |               |            |
| Součet         | 42        | 22             | 5         | 2             | 2          |
| Celkem         | 42        | 31             |           |               |            |
| Úspora         | 3         | 9              |           |               |            |

Varianta 2 přináší poměrně zajímavé úspory provozních nákladů (27 pracovníků a 3 stroje viz tabulka 3.2), ale již se ztrácí výhody umístění všech strojů pouze v jedné hale, přestože poměrně významně zjednodušuje organizaci obrábění po tepelném zpracování, ze současných 3 linek na 2 linky.



 - Přesun z haly 301  - Přesun na hale 310

Obr. 3.2 Varianta 2.

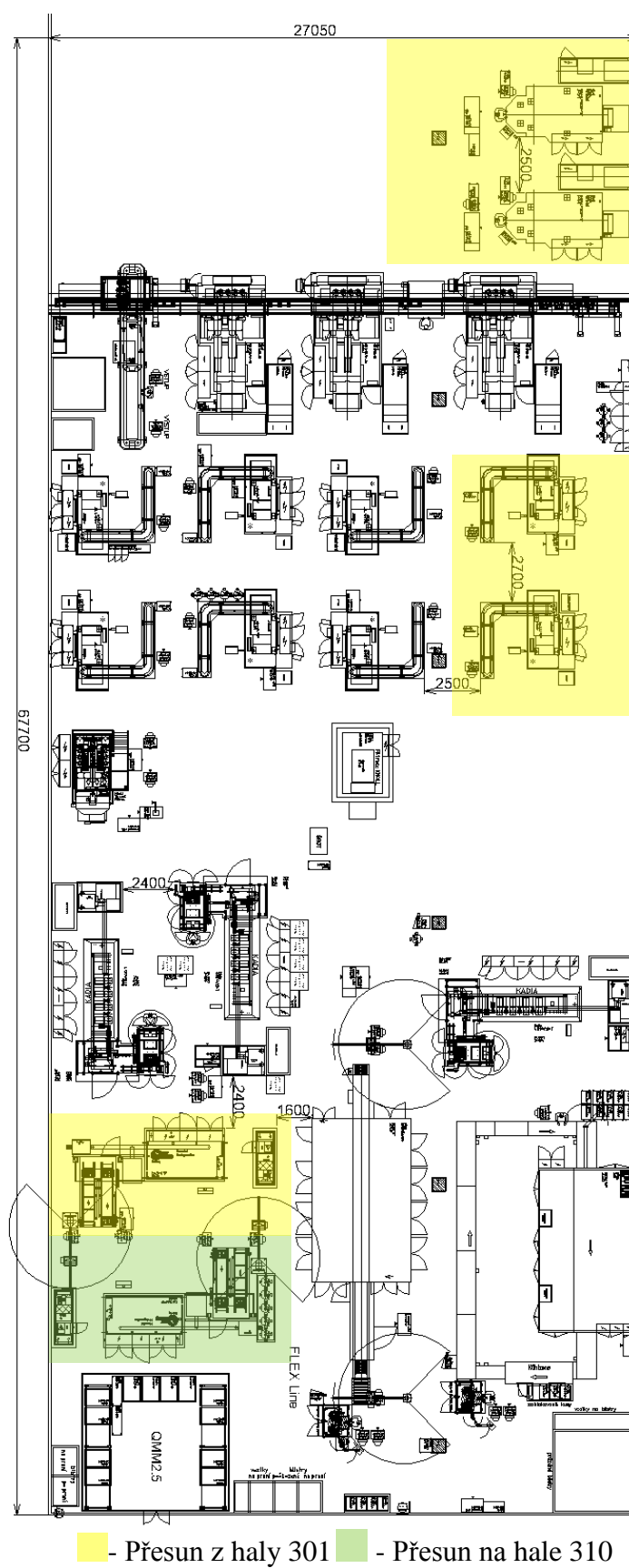
### 3.4 Varianta 3 – Přesun linky L1 na halu 310

Linka L1 je jedna část CNC linky umístěné na hale 301. Varianta 3 je podobná variantě předchozí. I zde je nutné navýšit počty strojů oproti variantě 1 z důvodu rozdělení obrábění po tepelném zpracování na dvě části. Prostor pro realizaci se zajistí pouze přesunutím buňky pro opravu dílců z kalírny, a částečném využitím prostoru, kde se v současné době nachází supermarket určený pro tělesa po tepelném zpracování pro Flex linku.

Tabulka 3.3 Porovnání současného a navrhovaného počtu obsluhy a strojů pro Variantu 3.

| Varianta 3     |           |                |           |               |            |
|----------------|-----------|----------------|-----------|---------------|------------|
|                | Počet MAE | Počet MA/směna |           |               |            |
|                |           | Obsluha        | Seřizovač | Směnový mistr | Manipulant |
| M3             | 1         | 2              | 3         | 2             | 2          |
| HELLER L0      | 3         | 3              |           |               |            |
| Grob L1        | 4         | 2              |           |               |            |
| Grob 140       | 3         | 1              |           |               |            |
| Bruska ZČ      | 3         | 1,5            |           |               |            |
| Bruska flansch | 12        | 6              | 3         | 1             | 1          |
| Kadia          | 6         | 3              |           |               |            |
| Gehring        | 4         | 3              |           |               |            |
| Pračka         | 4         | 1,5            |           |               |            |
| Suchá tl. zk.  | 4         | 3              |           |               |            |
| Součet         | 44        | 26             | 6         | 3             | 3          |
| Celkem         | 44        | 38             |           |               |            |
| Úspora         | 1         | 2              |           |               |            |

Varianta 3 přináší pouze zanedbatelné úspory personálních nákladů i počtu potřebných strojů (viz tabulka 3.3) v porovnání s předchozími variantami. Počty strojů není možné prakticky snižovat z důvodu zachování všech tří linek. Naopak rozdělením strojů Grob linky L1 dojde k nárůstu potřeby pracovníků. Úspory zde dosáhneme pouze u honovaček Kadia a zavedením víceobsluhy u všech brusek pro broušení strany zubového čerpadla i flansche.



Obr. 3.3 Varianta 3.

### 3.5 Varianta 4 – Přesun linky L1 a Transfer linky na halu 310

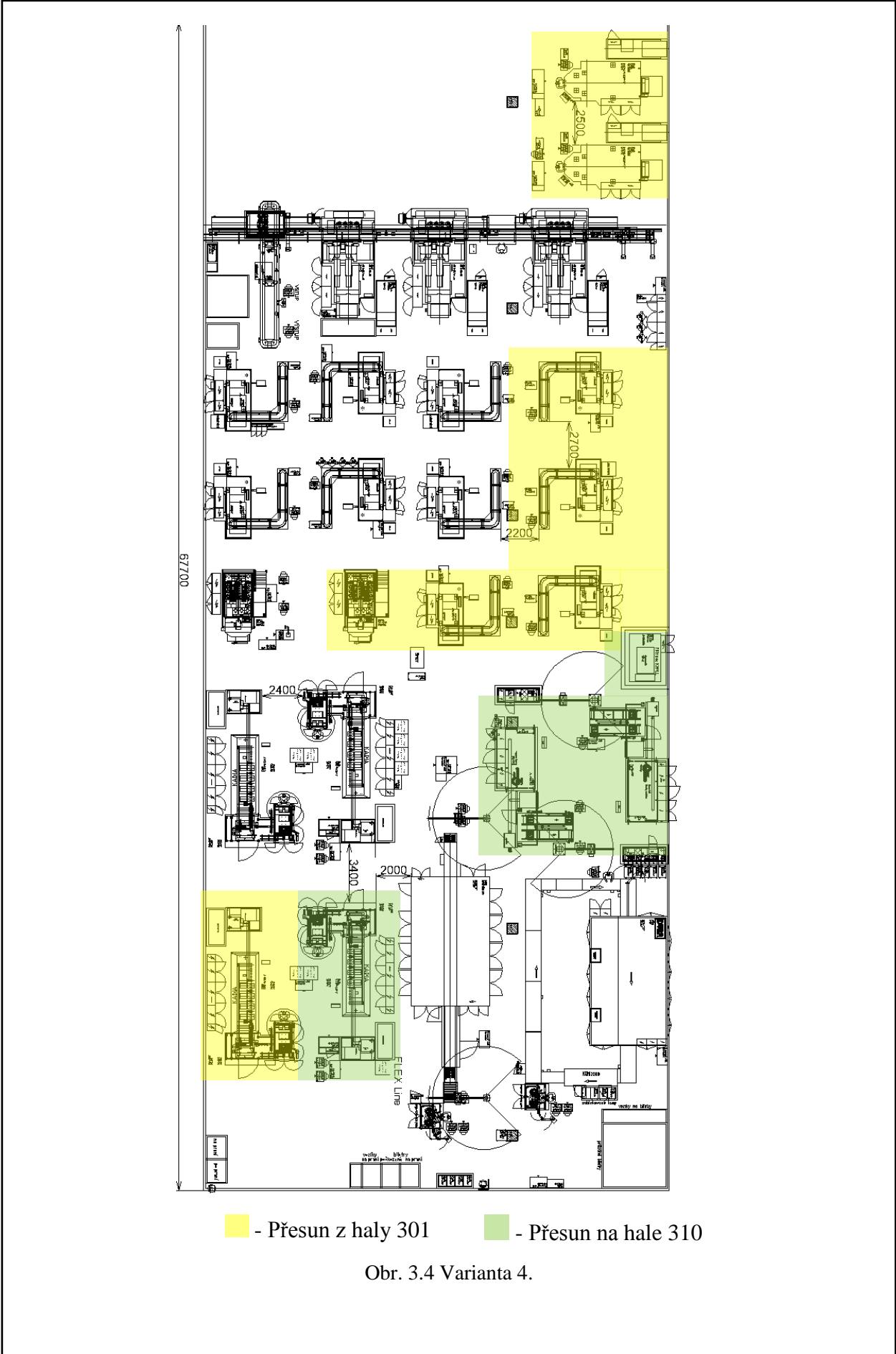
Varianta 4 je vlastně kombinací předchozích variant 2 a 3, díky čemuž je možné dosáhnout vyšších úspor. Příprava a získání potřebného prostoru je obdobné jako pro obě předchozí varianty.

Tabulka 3.4 Porovnání současného a navrhovaného počtu obsluhy a strojů pro Variantu 4.

| Varianta 4    |           |                |           |               |            |
|---------------|-----------|----------------|-----------|---------------|------------|
|               | Počet MAE | Počet MA/směna |           |               |            |
|               |           | Obsluha        | Seřizovač | Směnový mistr | Manipulant |
| M3            | 1         | 2              | 2         | 0,5           | 1          |
| HELLER L0     | 3         | 3              |           |               |            |
| Grob L1       | 4         | 2              |           |               |            |
| Grob 140      | 3         | 1              |           |               |            |
| Bruska ZČ     | 3         | 1,5            |           |               |            |
| Bruska Flanch | 10        | 3,5            | 2         | 0,5           | 1          |
| Kadia         | 6         | 2,5            |           |               |            |
| Gehring       | 3         | 1,5            |           |               |            |
| Pračka        | 3         | 2,5            |           |               |            |
| Suchá tl. zk. | 3         | 2,5            |           |               |            |
| Součet        | 39        | 22             | 4         | 1             | 2          |
| Celkem        | 39        | 29             |           |               |            |
| Úspora        | 6         | 11             |           |               |            |

Realizací varianty 4 je možné dosáhnout úspory 6 strojů a 11 MA/směna tedy 33 pracovníků celkem. Tato varianta kombinuje výhody předchozích variant. S variantou 1 sdílí téměř stejně vysoké úspory a fakt zjednodušení práce seřizovačů a snížení potřeby operativního řízení v podobě směnových mistrů. S variantami 2 a 3 sdílí výhodu, že není nutné stěhovat žádné stroje pro získání místa pouze přesunout buňku pro opravu dílců z kalírny na halu 301.





■ - Přesun z haly 301

■ - Přesun na hale 310

Obr. 3.4 Varianta 4.

### 3.6 Porovnání skutečného počtu strojů a jejich využití v jednotlivých variantách

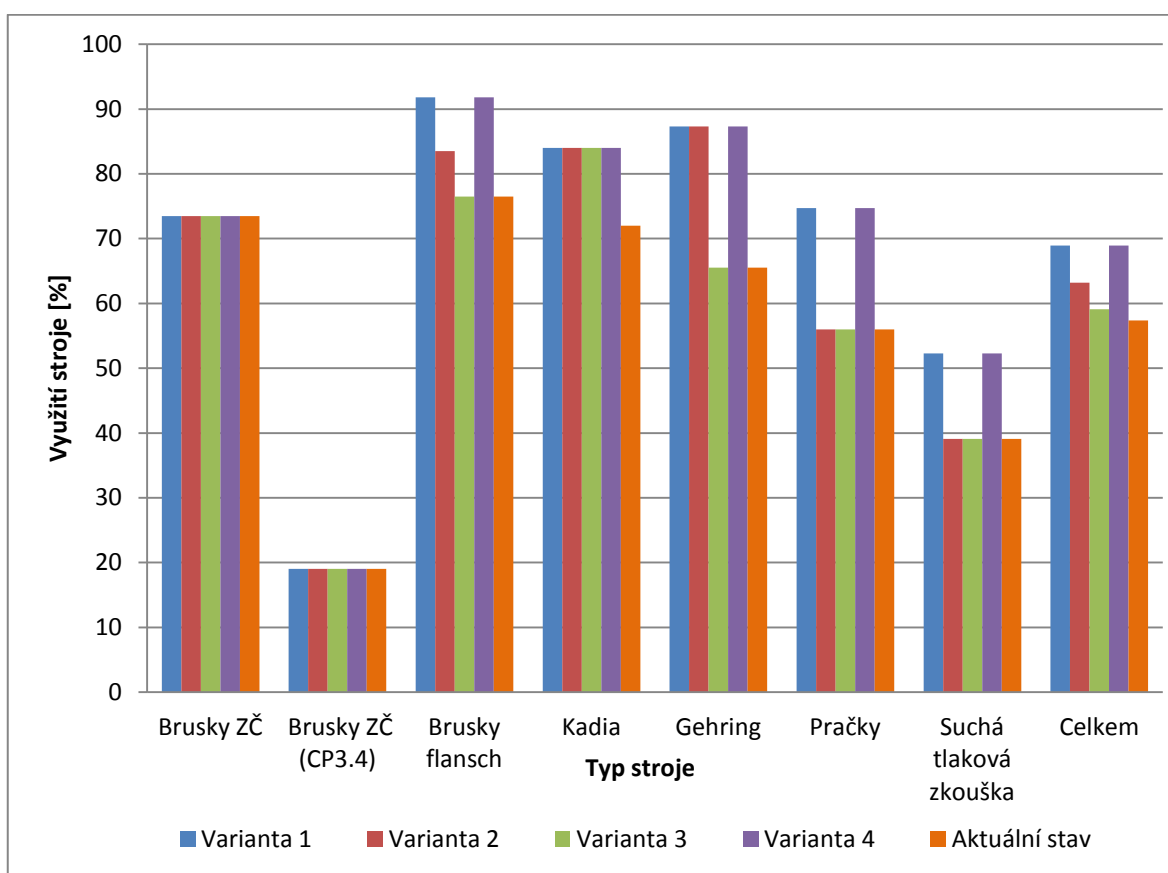
Z důvodu rozdílného stupně sjednocení je nutné v jednotlivých variantách navýšit skutečné počty strojů. Z tohoto důvodu je i jejich využití různé. Skutečné počty strojů pro všechny operace a varianty jsou uvedeny v tabulce 3.5 a jejich využití v tabulce 3.6. Pro větší přehlednost je využití strojů ve všech variantách a jejich porovnání s aktuálním stavem je znázorněno grafem na obr. 3.5.

Tabulka 3.5 Skutečné počty strojů určené pomocí kapacitních propočtů.

| Skutečné počty strojů |            |            |            |            |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|
|                       | Varianta 1 | Varianta 2 | Varianta 3 | Varianta 4 |
| Brusky ZČ             | 2          | 2          | 2          | 2          |
| Brusky ZČ (CP3.4)     | 1          | 1          | 1          | 1          |
| Brusky flansch        | 10         | 11         | 12         | 10         |
| Kadia                 | 6          | 6          | 6          | 6          |
| Gehring               | 3          | 3          | 4          | 3          |
| Pračky                | 3          | 4          | 4          | 3          |
| Suchá tlak. zk.       | 3          | 4          | 4          | 3          |
| Celkem                | 28         | 31         | 33         | 28         |

Tabulka 3.6 Využití strojů v jednotlivých variantách.

| Využití strojů v jednotlivých variantách v % |               |            |            |            |            |
|--|---------------|------------|------------|------------|------------|
|  | Aktuální stav | Varianta 1 | Varianta 2 | Varianta 3 | Varianta 4 |
| Brusky ZČ                                    | 73,5          | 73,5       | 73,5       | 73,5       | 73,5       |
| Brusky ZČ (CP3.4)                            | 19            | 19         | 19         | 19         | 19         |
| Brusky flansch                               | 76,5          | 91,8       | 83,5       | 76,5       | 91,8       |
| Kadia  | 72            | 84         | 84         | 84         | 84         |
| Gehring                                      | 65,5          | 87,3       | 87,3       | 65,5       | 87,3       |
| Pračky                                       | 56            | 74,7       | 56         | 56         | 74,7       |
| Suchá tlak. zk.                              | 39,1          | 52,3       | 39,1       | 39,1       | 52,3       |
| Celkem                                       | 57,4          | 68,9       | 63,2       | 59,1       | 68,9       |



Obr. 3.5 Graf využití strojů v jednotlivých technologických operacích.

## 4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Pro výběr optimální varianty je nutné provést techniko-ekonomické hodnocení. Založené na ekonomickém propočtu variant a na dalších aspektech uvedených v tabulce 4.6, kdy právě na ekonomické ukazatele bude kladen největší důraz.

### 4.1 Ekonomické hodnocení navržených variant

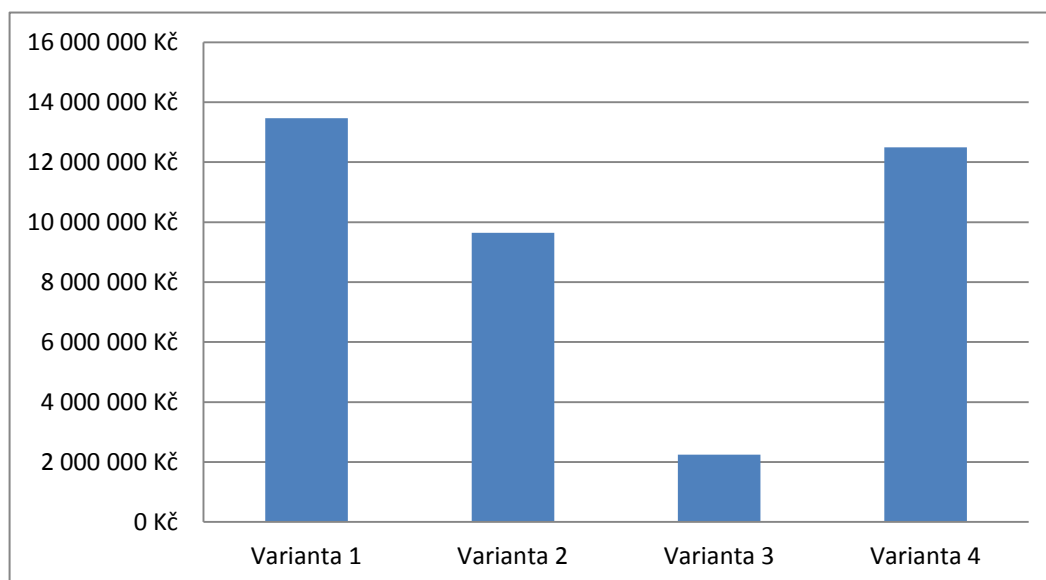
Ekonomické vyhodnocení a přínos jednotlivých variant je klíčovým aspektem pro hodnocení všech projektů v technické praxi. Hodnocení bylo provedeno podle přibližného odhadu jak nákladů, tak možných úspor. Data byla zpracována do tabulek a pro větší přehlednost také do grafů, aby byly rozdíly ve variantách více zřetelné. Podle stanovených hodnot byla vypočtena návratnost investice.

#### 4.1.1 Určení úspor jednotlivých variant

Úspory, které přináší jednotlivé varianty, jsou v oblasti mzdových nákladů. Další, ale ne již tak významnou položkou jsou náklady na provoz a údržbu jednotlivých strojů. Tabulka 4.1 uvádí celkový pohled na úspory všech variant.

Tabulka 4.1 Souhrnná tabulka úspor jednotlivých variant.

| Celkové úspory           |                        |                    |                   |                             |               |
|--------------------------|------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|---------------|
|                          | Uspořené<br>pracovníků | Uspořené<br>strojů | Mzdové<br>náklady | Náklady na<br>provoz strojů | Celkem        |
| Varianta 1               | 36                     | 6                  | 11 664 000 Kč     | 1800000 Kč                  | 13 464 000 Kč |
| Varianta 2               | 27                     | 3                  | 8 748 000 Kč      | 900000 Kč                   | 9 648 000 Kč  |
| Varianta 3               | 6                      | 1                  | 1 944 000 Kč      | 300000 Kč                   | 2 244 000 Kč  |
| Varianta 4               | 33                     | 6                  | 10 692 000 Kč     | 1800000 Kč                  | 12 492 000 Kč |
| Úspora na pracovníka/rok | cca 324 000 Kč         |                    |                   |                             |               |
| Úspora na stroj/rok      | cca 300 000 Kč         |                    |                   |                             |               |



Obr. 4.1 Porovnání úspor za jeden rok.

#### 4.1.2 Určení nákladů na realizaci jednotlivých variant

Naprostou většinu nákladů na realizaci všech variant je stěhování strojů popřípadě dalších zařízení potřebných pro výrobu. Tabulka 4.2 uvádí počet stěhovaných strojů v jednotlivých variantách a tabulka 4.3 přibližné náklady na stěhování jednoho stroje (náklady na přesun je z důvodu jejich značných odlišností rozdílná a nelze proto počítat s paušální částkou za všechny druhy strojů). Výpočet nákladnosti jednotlivých variant může být tedy proveden pouhým vynásobením počtu stejných stěhovaných strojů a pak sečtením částek pro všechny druhy strojů. Dále jsou do nákladů započítány přibližné náklady na opravu podlahy. Výsledné náklady jsou pro porovnání uvedeny v tabulce 4.4 a znázorněny sloupcovým grafu na obr. 4.2. Náklady jsou na rozdíl od možných úspor v téměř srovnatelné hladině.

Tabulka 4.2 Počty stěhovaných strojů jak v rámci jedné haly i pro stěhování mezi halami.

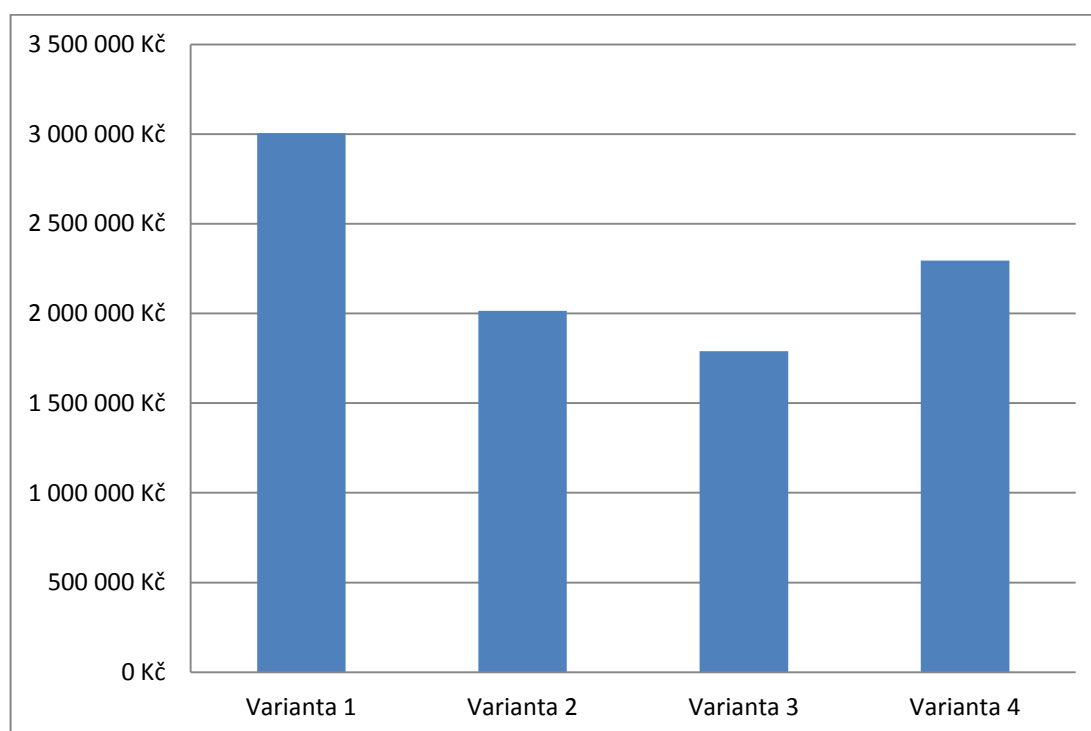
| Počty stěhovaných strojů                       |            |            |            |            |
|--|------------|------------|------------|------------|
|  | Varianta 1 | Varianta 2 | Varianta 3 | Varianta 4 |
| <b>Grob L1</b>                                 | <b>0</b>   | <b>0</b>   | <b>2</b>   | <b>2</b>   |
| <b>Brusky</b>                                  | <b>4</b>   | <b>3</b>   | <b>2</b>   | <b>4</b>   |
| <b>Kadia+KSS</b>                               | <b>2</b>   | <b>2</b>   | <b>1</b>   | <b>2</b>   |
| <b>Gehring+KSS</b>                             | <b>1</b>   | <b>2</b>   | <b>2</b>   | <b>2</b>   |
| <b>Pračky</b>                                  | <b>1</b>   | <b>0</b>   | <b>0</b>   | <b>0</b>   |
| <b>Suchá tlak. zk.</b>                         | <b>1</b>   | <b>0</b>   | <b>0</b>   | <b>0</b>   |
| <b>KSS Knoll</b>                               | <b>1</b>   | <b>1</b>   | <b>0</b>   | <b>1</b>   |
| <b>Celkem strojů</b>                           | <b>11</b>  | <b>8</b>   | <b>7</b>   | <b>11</b>  |
| <b>Buňka kalírny</b>                           | <b>0</b>   | <b>1</b>   | <b>1</b>   | <b>1</b>   |
| <b>Přesun strojů pro výrobu drobných dílců</b> | <b>1</b>   | <b>0</b>   | <b>0</b>   | <b>0</b>   |

Tabulka 4.3 Přibližné náklady na stěhování jednoho stroje.

| Cena stěhování jednoho stroje v Kč             |                      |
|--|----------------------|
| <b>Grob L1</b>                                 | <b>cca 85 000</b>    |
| <b>Bruska Schaudt</b>                          | <b>cca 110 000</b>   |
| <b>KSS Knoll</b>                               | <b>cca 185 000</b>   |
| <b>Kadia+KSS</b>                               | <b>cca 100 000</b>   |
| <b>Gehring+KSS</b>                             | <b>cca 100 000</b>   |
| <b>Pračka+Suchá tlaková zkouška</b>            | <b>cca 530 000</b>   |
| <b>Přesun strojů pro výrobu drobných dílců</b> | <b>cca 1 050 000</b> |
| <b>Přesun buňky pro kalírnu</b>                | <b>cca 600 000</b>   |
| <b>Oprava podlahy</b>                          | <b>cca 500 000</b>   |

Tabulka 4.4 Náklady na realizaci jednotlivých variant.

| Náklady na realizaci v Kč |                      |
|---------------------------|----------------------|
| <b>Varianta 1</b>         | <b>cca 3 005 000</b> |
| <b>Varianta 2</b>         | <b>cca 2 015 000</b> |
| <b>Varianta 3</b>         | <b>cca 1 790 000</b> |
| <b>Varianta 4</b>         | <b>cca 2 295 000</b> |



Obr. 4.2 Náklady na realizování možných variant.

#### 4.1.3 Výpočet návratnosti investice

Návratnost investice je důležitý ukazatel ekonomické úrovně technologického projektu. Jak uvádí tabulka 4.5 návratnost ve všech variantách je velice příznivá a bylo by proto vhodné realizovat projekt optimalizace výrobního procesu co nejdříve ať v již jakékoliv variantě. Protože částky na realizaci nejsou příliš vysoké v porovnání s možnými úsporami, kterých je možné rychle dosáhnout.

$$T_{\dot{u}} = \frac{I_i - I_s}{N_{\dot{u}}} \text{ [roky]} \quad (1.13)$$

$$T_{\dot{u}} = \frac{3005000 - 0}{13464000}$$

$$T_{\dot{u}} = 0,22 \text{ roku}$$

Tabulka 4.5 Návratnost investic nutných na realizaci.

| Návratnost investice [roky] |      |
|-----------------------------|------|
| Varianta 1                  | 0,22 |
| Varianta 2                  | 0,21 |
| Varianta 3                  | 0,80 |
| Varianta 4                  | 0,18 |

## 4.2 Výběr optimální varianty

Jako vhodnější metoda pro výběr optimální varianty byla vybrána metoda klasifikační, kterou je možné zohlednit i kritéria s různou důležitostí.

### 4.2.1 Kritéria hodnocení

Byla vybrána tato kritéria hodnocení a byla jim přiřazena váhová hodnota. Váha kritérií je od dvou do pěti bodů a splnění daného kritéria dosahuje hodnot 1-5. Vybraná kritéria jsou uvedena v tabulce 4.6 a v dalších kapitolách jsou jednotlivě zhodnoceny všechny navržené varianty.

Tabulka 4.6 Kritéria užitá pro zhodnocení a výběr optimální varianty.

| Kritéria hodnocení variant |      |                                      |  |
|----------------------------|------|--------------------------------------|--|
| Číslo kritéria             | Váha | Definice                             | Popis  |
| 1                          | 5    | Návratnost investice                 | Doba, během které se navrátí vložená investice.  |
| 2                          | 4    | Náklady na realizaci                 | Náklady na stěhování strojů mezi objekty i v rámci jednoho objektu.  |
| 3                          | 3    | Zvýšení využití strojů               | Pro stejné množství výrobků bude použito méně výrobních strojů.  |
| 4                          | 3    | Úspora zabrané plochy                | V důsledku vyššího využití strojů bude možné snížit množství zabrané plochy stroji.  |
| 5                          | 2    | Zjednodušení operativního řízení     | Menší množství, ale hlavně sestěhování strojů zjednoduší operativní řízení a bude možné snížit počet směnových mistrů.         |
| 6                          | 2    | Zjednodušení manipulace s materiálem | Se zvyšující se centralizací výroby do jednoho místa klesá i množství manipulace s materiálem a potřeba dělníků - manipulantů. |

### 4.2.2 Hodnocení varianty 1

Kritérium 1 – Návratnost investice. Varianta s návratností 0,22 roku, která ale přináší nejvyšší úspory.

Kritérium 2 – Náklady na realizaci. Nejvyšší náklady, ale na druhou stranu s maximálními přínosy do budoucnosti.

Kritérium 3 – Zvýšení využití strojů. Spolu s variantou 4 největší zvýšení využití strojů o 11,5 %.

Kritérium 4 – Úspora zabrané plochy. Realizací varianty 1 je možné ušetřit cca 135 m<sup>2</sup> (viz příloha 2).

Kritérium 5 – Zjednodušení operativního řízení. Varianta 1 snižuje potřebu směnových mistrů na třetinu původního stavu.

Kritérium 6 – Zjednodušení manipulace s materiálem. Tato varianta zjednodušením manipulace s materiálem sníží počet manipulantů o 1 MA/směna.

Tabulka 4.7 Klasifikace varianty 1.

| Hodnocení varianty 1 |      |                  |      |
|----------------------|------|------------------|------|
| Číslo kritéria       | Váha | Splnění kritéria | Bodů |
| 1                    | 5    | 4                | 20   |
| 2                    | 4    | 2                | 8    |
| 3                    | 3    | 5                | 15   |
| 4                    | 3    | 3                | 9    |
| 5                    | 2    | 5                | 10   |
| 6                    | 2    | 5                | 10   |
| Celkem               |      |                  | 72   |

### 4.2.3 Hodnocení varianty 2

Kritérium 1 – Návratnost investice. Varianta 2 má návratnost 0,21 roku, je tedy druhá nejnižší z navrhovaných variant.

Kritérium 2 – Náklady na realizaci. Náklady jsou nižší než u varianty 1, ale srovnatelné s dalšími variantami a přináší nezanedbatelné snížení nákladů.

Kritérium 3 – Zvýšení využití strojů. Při realizaci varianty 2 by byly stroje využívány o 5,8 % více než v aktuálním uspořádání.

Kritérium 4 – Úspora zabrané plochy. Realizací varianty 2 je možné zmenšit zastavěnou plochu o cca 146 m<sup>2</sup> (viz příloha 3).

Kritérium 5 – Zjednodušení operativního řízení. Zrušením jedné linky pro obrábění po tepelném zpracování se mírně zjednoduší struktura vedení a je možné snížit počet směnových mistrů o 1MA/směna.

Kritérium 6 – Zjednodušení manipulace s materiálem. Rovněž i manipulantů je třeba o 1MA/směna méně.

Tabulka 4.8 Klasifikace varianty 2.

| Hodnocení varianty 2 |      |                  |      |
|----------------------|------|------------------|------|
| Číslo kritéria       | Váha | Splnění kritéria | Bodů |
| 1                    | 5    | 4                | 20   |
| 2                    | 4    | 4                | 16   |
| 3                    | 3    | 3                | 9    |
| 4                    | 3    | 3                | 9    |
| 5                    | 2    | 3                | 6    |
| 6                    | 2    | 3                | 6    |
| Celkem               |      |                  | 66   |



#### 4.2.4 Hodnocení varianty 3

Kritérium 1 – Návratnost investice. Návratnost investice činí 0,8 roku je tedy výrazně vyšší než u jiných variant.

Kritérium 2 – Náklady na realizaci. Nejnižší náklady, ale zároveň vznik pouze minimálních úspor.

Kritérium 3 – Zvýšení využití strojů. Stroje je možné využívat pouze o 1,7 % více než při zachování aktuálního stavu.

Kritérium 4 – Úspora zabrané plochy. Prostor, který vzniká realizací varianty 3 (cca 126 m<sup>2</sup> viz příloha 4) je jen těžko využitelný pro nové stroje, ale je možné ho použít jako skladovací prostor (je roztříštěn do několika ostrůvků).

Kritérium 5 – Zjednodušení operativního řízení. Řízení není žádným způsobem zjednodušeno a počet směnových mistrů tedy zůstává nezměněn.

Kritérium 6 – Zjednodušení manipulace s materiálem. Meziobjektová i vnitroobjektová přeprava zůstává shodná s aktuálním stavem, v důsledku toho zůstává počet manipulantů je beze změn.

Tabulka 4.9 Klasifikace varianty 3.

| Hodnocení varianty 3 |      |                  |      |
|----------------------|------|------------------|------|
| Číslo kritéria       | Váha | Splnění kritéria | Bodů |
| 1                    | 5    | 2                | 10   |
| 2                    | 4    | 4                | 16   |
| 3                    | 3    | 1                | 3    |
| 4                    | 3    | 3                | 9    |
| 5                    | 2    | 0                | 0    |
| 6                    | 2    | 0                | 0    |
| Celkem               |      |                  | 38   |

#### 4.2.5 Hodnocení varianty 4

Kritérium 1 – Návratnost investice. Varianta 4 má nejnižší návratnost 0,18 roku.

Kritérium 2 – Náklady na realizaci. Náklady srovnatelné s variantami 2 a 3, ale vysoké úspory téměř tak vysoké jako u varianty 1.

Kritérium 3 – Zvýšení využití strojů. Spolu s variantou 1 zvýšení využití o 11,5 %.

Kritérium 4 – Úspora zabrané plochy. Varianta 4 uvolní jednoznačně nejvíce provozní plochy cca 522 m<sup>2</sup> (viz příloha 5).

Kritérium 5 – Zjednodušení operativního řízení. Řízení je značně zjednodušeno a na obrábění po tepelném zpracování je vyčleněn pouze jeden směnový mistr.

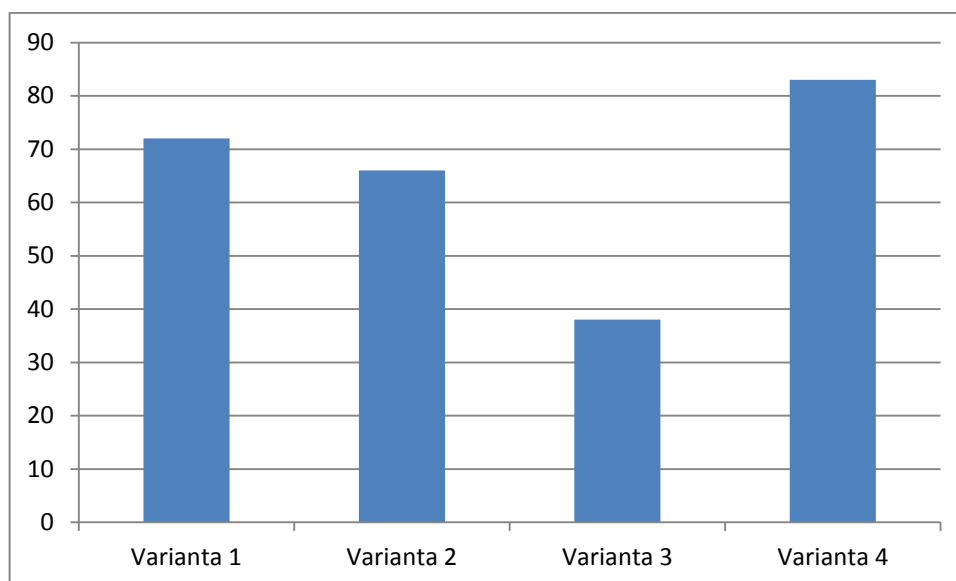
Kritérium 6 – Zjednodušení manipulace s materiálem. Počet potřebných manipulantů je o 1MA/směna nižší.

Tabulka 4.10 Klasifikace varianty 4.

| Hodnocení varianty 4 |      |                  |      |
|----------------------|------|------------------|------|
| Číslo kritéria       | Váha | Splnění kritéria | Bodů |
| 1                    | 5    | 5                | 25   |
| 2                    | 4    | 3                | 12   |
| 3                    | 3    | 5                | 15   |
| 4                    | 3    | 5                | 15   |
| 5                    | 2    | 5                | 10   |
| 6                    | 2    | 3                | 6    |
| Celkem               |      |                  | 83   |

#### 4.2.6 Vyhodnocení navrhovaných variant

Všechny navrhované varianty přinášejí úspory a optimalizují výrobní proces (varianta 3 pouze minimálně). Ostatní varianty již splňují zadání optimalizace v podstatně vyšší míře. Jako ideální varianta podle navržených kritérií se jeví varianta 4 (získává nejvyšší počet bodů v hodnocení téměř všech kritérií, především v hodnocení návratnosti investice). Ovšem i varianty 1 a 2 dosáhly značných úspor v ekonomické oblasti a zároveň také ve snížení potřebné plochy pro výrobu tělesa čerpadla CP3.4.



Obr. 4.3 Porovnání bodových hodnocení jednotlivých variant.

## DISKUSE

Při tvorbě variantního řešení byl nejvíce brán v potaz fakt, že je nutné co nejefektivněji využít prostor, který je možné využít pro optimalizaci na hale 301 nebo 310. Prostor pro tak velké změny je totiž omezen nejen rozměry hal, ale také ne všechen prostor náleží středisku pro výrobu tělesa čerpadla CP3 a pak by bylo nutné stěhování i strojního zařízení jiných oddělení. Snahou bylo eliminovat zásahy do prostorů jiných oddělení a až na mírné zásahy do skladovacích prostor toto bylo dodrženo. Dalším limitujícím prvkem bylo, že je nutné stroje rozmisťovat tak, aby byla tvořena technologická hnízda stejných strojů, aby byl směr toku materiálu zachován a nebylo nutné například část kusů „vracet“ zpět a po provedení technologické operace opět převážet po dlouhé trase. Tyto dva limitující prvky prakticky znemožňovaly využití některé z metod (metoda těžiště, metoda souřadnic atd.) pro rozmisťování technologických pracovišť. Pracoviště tedy byla rozmístěna podle prostorových možností a podle technologických požadavků úvahou a hledáním možného řešení postupným rozmisťováním strojů náhodně až bylo nalezeno rozmístění vhodné pro danou variantu.

Navržené varianty přináší úspory snížením personálních nákladů (menší počet strojů a zavedení víceobsluhy na všech pracovištích, kde je to možné) a také ušetřením nákladu na provoz strojů. Ve výpočtech úspor byly brány jako základní přibližné mzdy obsluhy pro všechny pracovníky navzdory faktu, že mzda směnového mistra je podstatně vyšší. Všechny varianty přináší úspory a jejich výše je poměrně srovnatelná (až na variantu 3, která generuje podstatně nižší úspory) a zároveň i vyžadují podobnou výši nákladů. Jako ideální byla vybrána varianta 4 (podle autorem vybraných kritérií a jejich hodnot), ale i další varianty (1 a 2) je možné realizovat. Především u varianty 1 (která přináší nejvyšší úspory) by bylo vhodné zvážit, zda by nebylo na místě investovat vyšší finanční prostředky. Varianty nebyly zpracovány do všech detailů a bylo pracováno pouze s odhady a nikoli přesně vyčíslenými hodnotami nákladů (jak realizace, tak současných provozních nákladů) a možných úspor (výše mezd, provoz strojů). Proto bych doporučoval před realizací detailní zpracování vybrané varianty pro zpřesnění údajů a získání komplexnějšího náhledu na řešení optimalizace výrobního procesu.

## ZÁVĚR

Byl zanalyzován výrobní proces tělesa čerpadla CP3 podle uvedených metod technologického projektování. Dle analýzy současného výrobního procesu byla navržena variantní řešení optimalizace výrobního procesu. V rámci navržených variant byly optimalizovány následující faktory:

- snížení provozních nákladů,
- zvýšení produktivity (snížení počtu výrobních strojů a dělníků),
- úspora plochy zabrané strojním zařízením,
- zjednodušení operativního řízení (v důsledku toho nižší potřeba směnových mistrů),
- zjednodušení manipulace s materiálem (v důsledku toho nižší potřeba manipulantů),
- snížení ztrátových časů v důsledku přeseřizování strojů (změna typu čerpadla).

Uvedené faktory byly realizovány ve všech navrhovaných variantách (až na variantu 3 s minimálními úsporami). Jako vítězná varianta byla vybrána varianta 4, jejíž realizací je možné uspořit ročně v provozních nákladech částku cca 12,5 mil. Kč. Varianta 1 je ještě více úsporná, ale má podstatně vyšší náklady na realizaci.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I.* Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
2. HLAVENKA, B. *Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem.* Vyd. 4. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7
3. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. *Projekt manipulace s materiálem.* [online]. [vid. 2013-04-23]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/manipulace/manipulace\\_navody.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/manipulace/manipulace_navody.pdf)
4. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. *Technologický projekt dílny.* [online]. [vid. 2013-04-12]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/tech\\_projekt/technologicke\\_projektovani\\_navody.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/tech_projekt/technologicke_projektovani_navody.pdf)
5. RUMÍŠEK, Pavel. *Technologické projekty.* 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1991. 185 s. ISBN 80-214-0385-3.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| Zkratka    | Jednotka | Popis                      |
|------------|----------|----------------------------|
| <b>MA</b>  | [-]      | pracovník                  |
| <b>MAE</b> | [-]      | stroj nebo zařízení        |
| <b>CP3</b> | [-]      | Common Pump třetí generace |

| Symbol                       | Jednotka          | Popis  |
|------------------------------|-------------------|--|
| <b>D</b>                     |                   | potřebný počet dělníků   |
| <b>D<sub>eVR</sub></b>       |                   | evidenční počet strojních dělníků  |
| <b>D<sub>eVST</sub></b>      |                   | evidenční počet strojních dělníků  |
| <b>D<sub>VR</sub></b>        |                   | celkový počet ručních dělníků  |
| <b>D<sub>VST</sub></b>       |                   | celkový počet strojních dělníků  |
| <b>E<sub>d</sub></b>         | [h/rok]           | pracovní fond dělníka  |
| <b>E<sub>s</sub></b>         | [h/rok]           | efektivní fond stroje v jedné směně                                      |
| <b>E<sub>r</sub></b>         | [dny]             | efektivní fond ručního pracoviště v jedné směně                          |
| <b>F</b>                     | [m <sup>2</sup> ] | potřebná plocha  |
| <b>I<sub>i</sub></b>         | [Kč]              | investiční náklady i-té varianty   |
| <b>I<sub>s</sub></b>         | [Kč]              | investiční náklady současného stavu                                      |
| <b>N</b>                     | [ks]              | počet vyráběných kusů  |
| <b>N<sub>ú</sub></b>         | [Kč]              | roční úspora nákladů při realizaci i-té varianty                         |
| <b>P</b>                     | [ks]              | potřebné množství strojů a zařízení                                      |
| <b>P<sub>sk</sub></b>        | [ks]              | skutečný počet strojů  |
| <b>P<sub>skbr</sub></b>      | [ks]              | skutečný počet brusek pro broušení 70° sedla                             |
| <b>P<sub>skfl</sub></b>      | [ks]              | skutečný počet brusek pro broušení flansche a                            |
| <b>P<sub>skho</sub></b>      | [ks]              | skutečný počet honovaček   |
| <b>P<sub>skpr</sub></b>      | [ks]              | skutečný počet praček  |
| <b>P<sub>skstz</sub></b>     | [ks]              | skutečný počet pracovišť pro suchou tlakovou zkoušku                     |
| <b>P<sub>skzč</sub></b>      | [ks]              | skutečný počet brusek pro broušení strany zubového čerpadla              |
| <b>P<sub>skzčCP3.4</sub></b> | [ks]              | skutečný počet brusek pro broušení strany zubového čerpadla tělesa CP3.4 |

|                 |                 |   |
|-----------------|-----------------|---|
| $P_{th}$        | [ks]            | teoretický počet strojů   |
| $P_{thbr}$      | [ks]            | teoretický počet brusek pro broušení 70° sedla                              |
| $P_{thfl}$      | [ks]            | teoretický počet brusek pro broušení flansche a průměrů                     |
| $P_{thho}$      | [ks]            | teoretický počet honovaček  |
| $P_{thpr}$      | [ks]            | teoretický počet praček   |
| $P_{thstz}$     | [ks]            | teoretický pracovišť pro suchou tlakovou zkoušku                            |
| $P_{thzč}$      | [ks]            | teoretický počet brusek pro broušení strany zubového čerpadla               |
| $P_{thzčCP3.4}$ | [ks]            | teoretický počet brusek pro broušení strany zubového čerpadla tělesa CP3.4  |
| $T_{ú}$         | [roky]          | návratnost investice  |
| $V$             | [Kč], [t], [ks] | objem výroby  |
| $k_{ef}$        | [-]             | koeficient ekonomické efektivnosti  |
| $k_{pns}$       | [-]             | koeficient překračování norem   |
| $q_d$           | [Kč], [t], [ks] | ukazatel výroby jednoho dělníka v příslušných jednotkách                    |
| $q_F$           | [Kč], [t], [ks] | výrobnost na 1 m <sup>2</sup> plochy v jedné směně v příslušných jednotkách |
| $q_s$           | [Kč], [t], [ks] | ukazatel výroby jednoho stroje v příslušných jednotkách                     |
| $s_s$           | [-]             | směnnost strojní  |
| $t_{br}$        | [min]           | čas na broušení 70° sedla   |
| $t_{fl}$        | [min]           | čas na broušení flansche a průměrů  |
| $t_{ho}$        | [min]           | čas na honování elementu  |
| $t_k$           | [min]           | čas na danou technologickou operaci   |
| $t_{pr}$        | [min]           | čas na praní tělesa čerpadla  |
| $t_{stz}$       | [min]           | čas na suchou tlakovou zkoušku  |
| $t_{zč}$        | [min]           | čas na broušení strany zubového čerpadla                                    |
| $t_{zčCP3.4}$   | [min]           | čas na broušení strany zubového čerpadla tělesa CP3.4                       |
| $\eta_{br}$     | [%]             | využití brusek pro broušení 70° sedla                                       |
| $\eta_{fl}$     | [%]             | využití brusek pro broušení flansche a průměrů                              |
| $\eta_{ho}$     | [%]             | využití honovaček   |
| $\eta_{op}$     | [%]             | využití stroje v dané operaci   |
| $\eta_{pr}$     | [%]             | využití praček  |

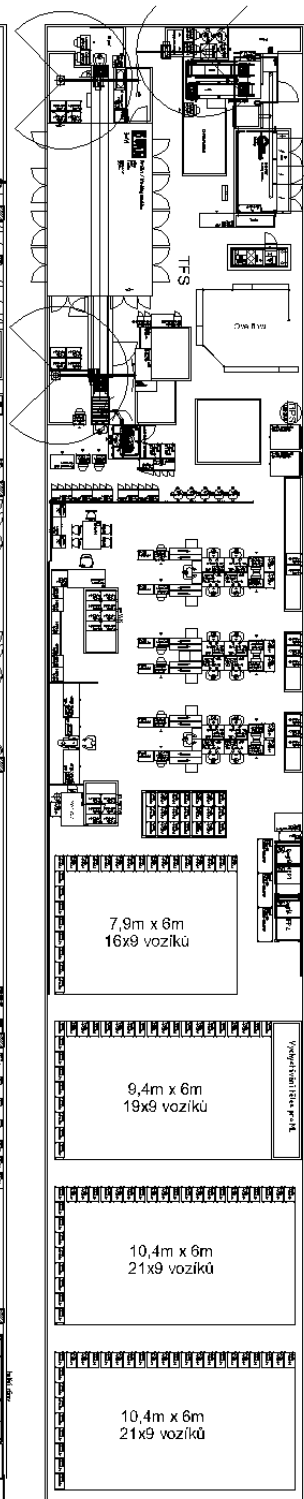
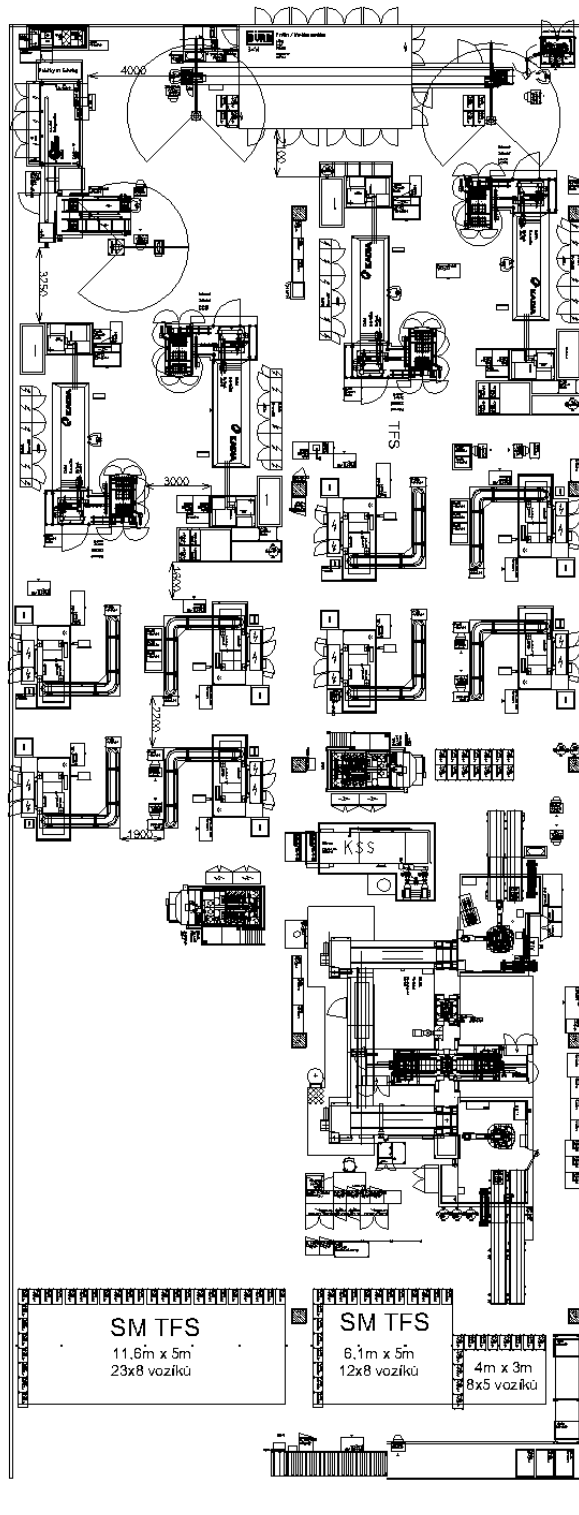
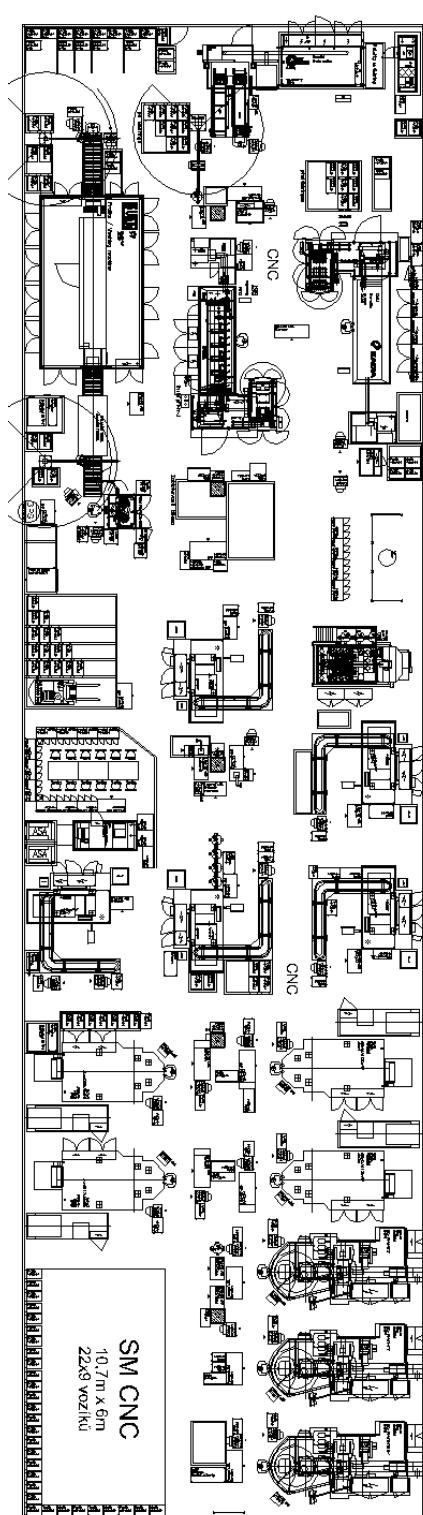
|                  |     |   |
|------------------|-----|---|
| $\eta_{stz}$     | [%] | využití pracovišť pro suchou tlakovou zkoušku                     |
| $\eta_{zč}$      | [%] | využití brusek pro broušení strany zubového čerpadla              |
| $\eta_{zčCP3.4}$ | [%] | využití brusek pro broušení strany zubového čerpadla tělesa CP3.4 |



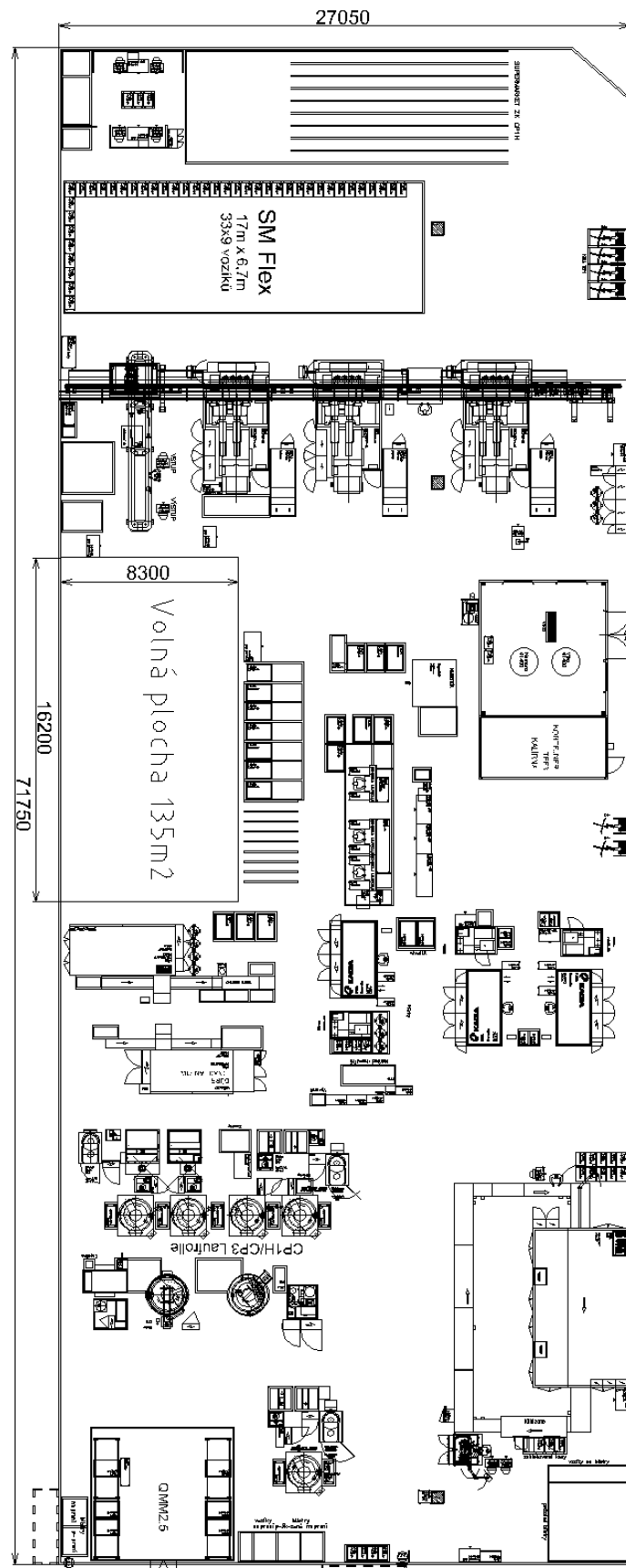
## SEZNAM PŘÍLOH

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Příloha 1</b> | Celkový pohled na dílnu pro obrábění po tepelném zpracování po případné realizaci varianty 1 |
| <b>Příloha 2</b> | Varianta 1 na hale 310   |
| <b>Příloha 3</b> | Varianta 2 na hale 301   |
| <b>Příloha 4</b> | Varianta 3 na hale 301   |
| <b>Příloha 5</b> | Varianta 4 na hale 301   |

# **PŘÍLOHA 1 - CELKOVÝ POHLED NA DÍLNU PRO OBRÁBĚNÍ PO TEPELNÉM ZPRACOVÁNÍ PO PŘÍPADNÉ REALIZACI VARIANTY 1**

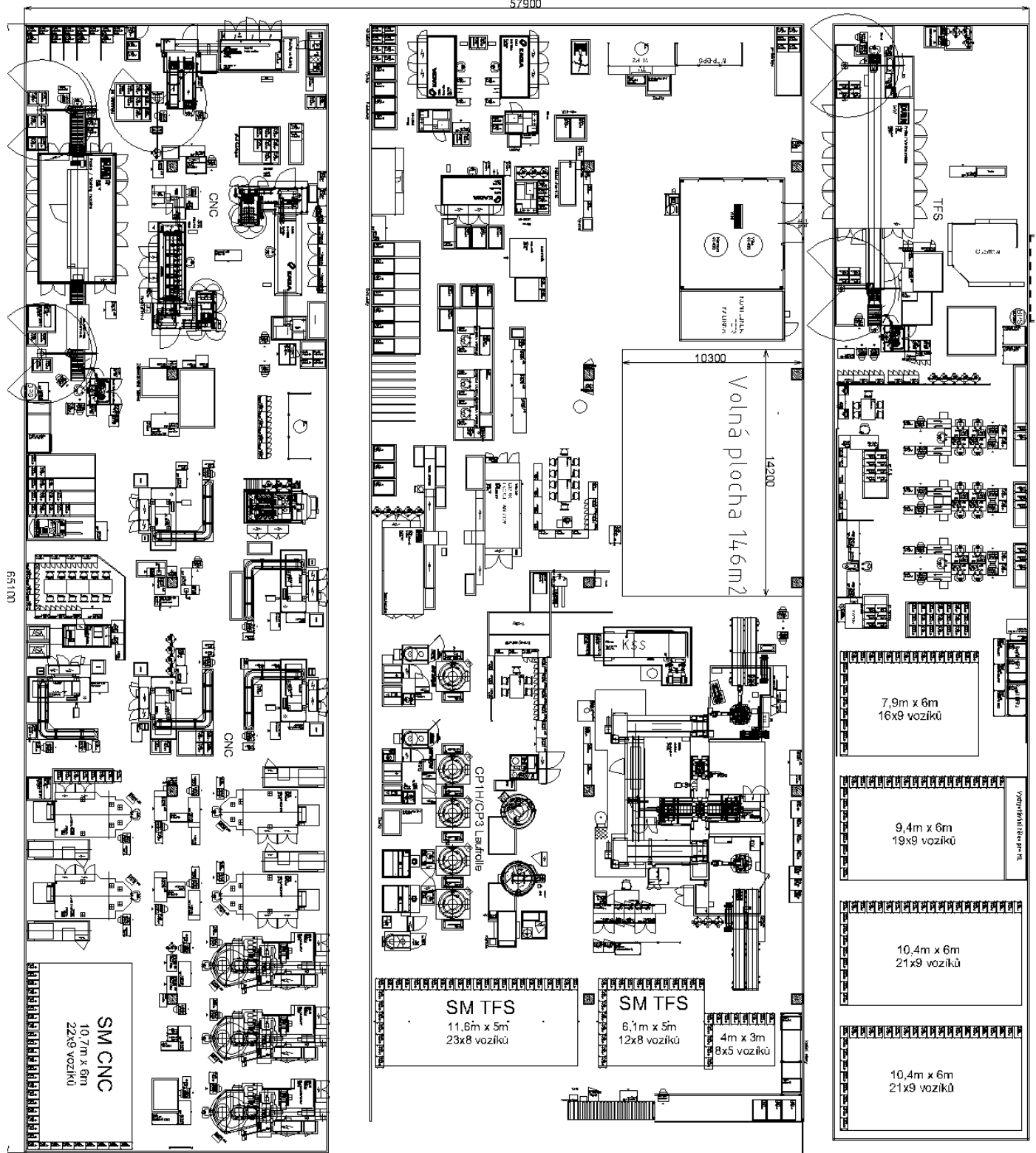


## PŘÍLOHA 2 - VARIANTA 1 NA HALE 310

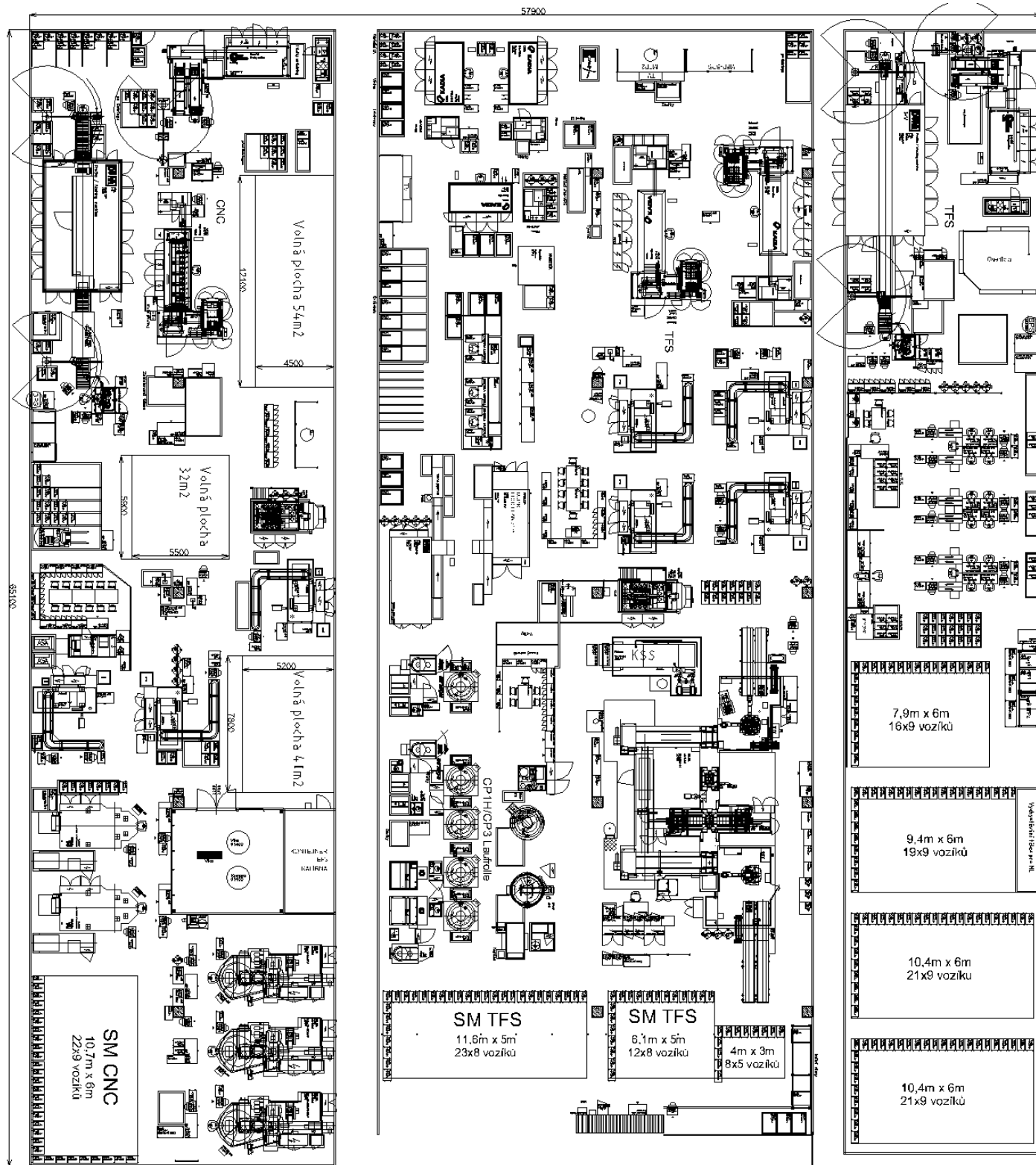


# PŘÍLOHA 3 - VARIANTA 2 NA HALE 301

57900



## PŘÍLOHA 4 - VARIANTA 3 NA HALE 301



# PŘÍLOHA 5 - VARIANTA 4 NA HALE 301

